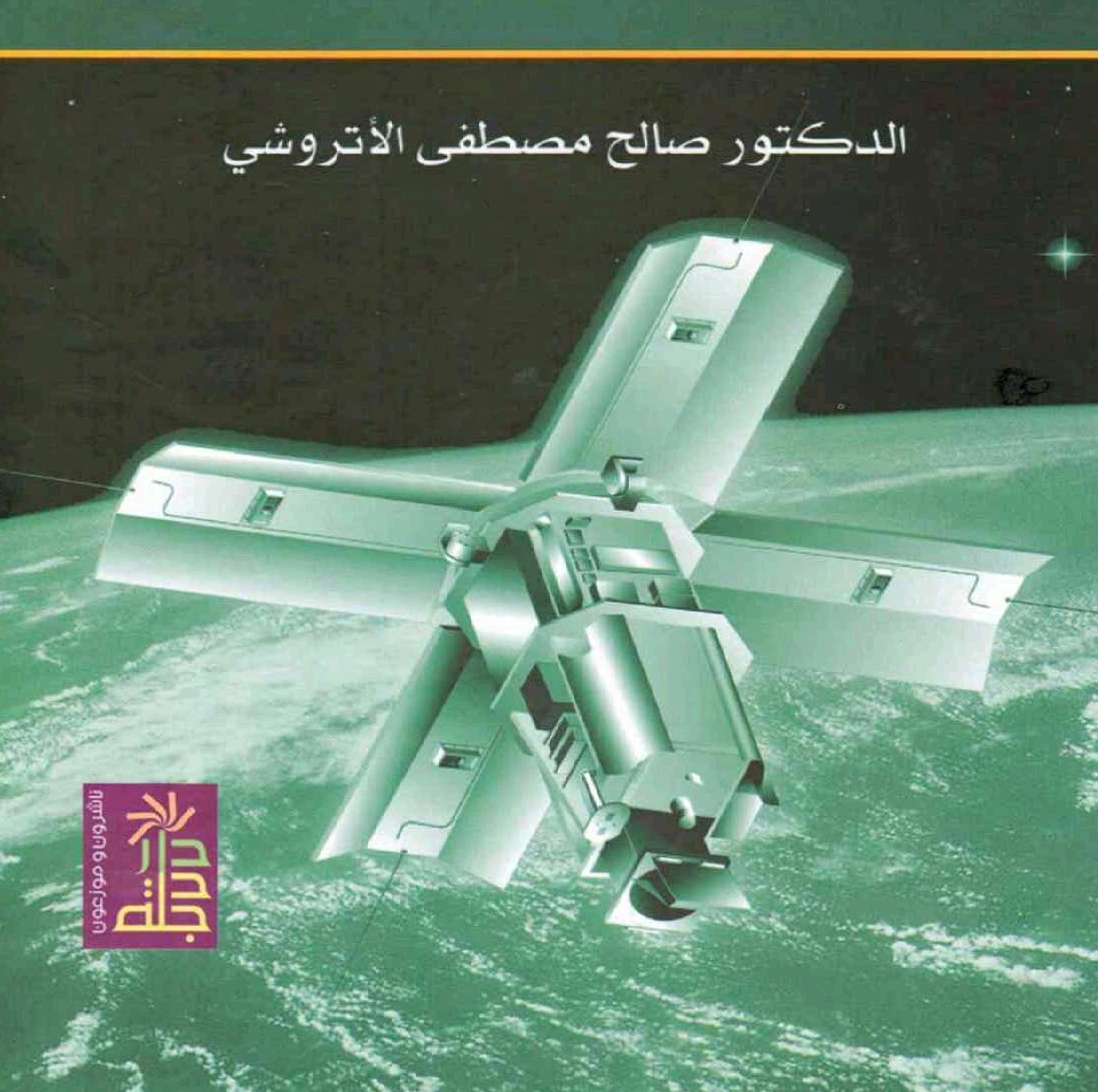
# الأقمار الإصطناعية

الدكتور صالح مصطفى الأتروشي



الأقمار الإصطناعية

# الأقمار الاصطناعية

**تأليف**

**الدكتور صالح مصطفى الأتروشي**

**كلية الهندسة/جامعة دهوك/**

**2009**

- **الأقمار الإصطناعية**
- **الدكتور صالح مصطفى الأتروشي**

الطبعة 2009م

**منشورات:**





المملكة الأردنية الهاشمية

عمان- شارع الملك حسين- مجمع الفحيص التجاري

تلفاكس: 0096264647550

خلوي: 00962795265767

ص. ب: 712773 عمان 11171- الأردن

جمهورية العراق

بغداد- شارع السعدون- عمارة فاطمة

تلفاكس:0096418170792

خلوي: 009647705855603

E-mail: dardjlah@ yahoo.com

❖ رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2006/7/1818)

رقم الإجازة المتسلسل: (2006/7/2001)

# محتويات الكتاب

## الفصل الثالث

## شبكات الاتصالات للأقمار الاصطناعية



## الفصل الرابع

## المدارات الفضائية للأقمار الاصطناعية

## الفصل الخامس

## الهيكل التصميمي للقمر الاصطناعي



## الفصل السادس

## إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى الفضاء



## الفصل السابع

## المحطات الأرضية للأقمار الاصطناعية

# تمهيد

الحمد لـلـه رب العالمين، الصلاة والسلام على سيد المرسلين، أما بعد:

نتيجة للتطور السريع الذي طرأ على تكنولوجيا الموجات الدقيقة (المايكروويف) أثناء الحرب العالمية الثانية، انبثق مجال جديد للاتصالات الراديوية وذلك باستخدام الأقمار الاصطناعية التي دشنت الفضاء عام (1957)م.

يتناول هذا الكتاب دراسة مبادئ أولية عن الأقمار الاصطناعية وكيفية إطلاقها إلى الفضاء باستخدام الصواريخ أو المكوكات الفضائية لتدور في مدارات معينة حول الكرة الأرضية.

تقوم الأقمار الاصطناعية بتأمين الاتصالات اللاسلكية والبث الإذاعي والتلفزيوني وتستخدم أيضاً في الاستكشافات الأرضية والأرصاد الجوية وبحوث الفضاء المدنية منها والعسكرية وفي شبكات الإنترنت.

يتكون القمر الاصطناعي من مجموعة مكونات كهربائية وميكانيكية تخص الإرسال والاستقبال، كوحدة القنوات القمرية ووحدة القدرة الكهربائية إضافة إلى وحدة الهوائيات والتعقب والدفع وتصحيح الموقع. توجد أنواع مختلفة من منظومات الأقمار الاصطناعية منها منظومات محلية ومنها إقليمية ودولية، وذات شبكات أحادية الطريق أو ثنائية أو متعددة الطرق.

في الختام أود أن أوجه شكري وتقديري إلى أستاذي الدكتور ساهي جواد ضاحي لإبدائه ملاحظات لغوية واقتراحات قيمة، كما أوجه شكري وأحترامي إلى دار (دجلة) لقيامها بطبع ونشر الكتاب.

واتمنى من القارئ الكريم أن يرسل ملاحظاته واقتراحاته لأغناء الكتاب مستقبلاً وذلك عبر البريد الإلكتروني. Salihatroshey@yahoo.com

والحمد لله من قبل ومن بعد.

**صالح مصطفى الأتروشي**

**0096462 - 7606033**

**00964750 - 4833914**

# الفصل الأول

# مدخل إلى الأقمار الاصطناعية

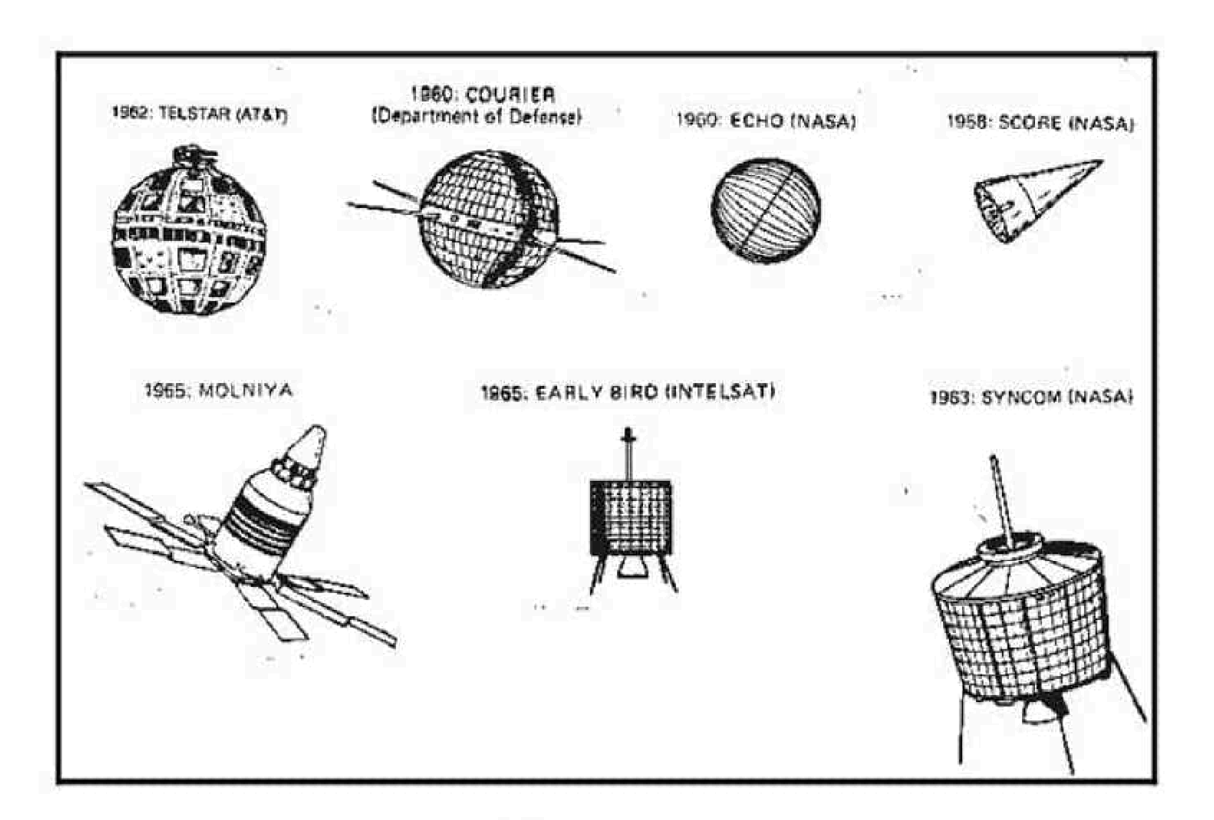
# الفصل الأول

# مدخل إلى الأقمار الاصطناعية

**1-1 التقدمة**

جاء اكتشاف الأقمار الاصطناعية نتيجة للبحث والتقصي الذي أجري في مجال الاتصالات الراديوية بغية تغطية مدايات أوسع للاتصال وبكلفة قليلة. وقد أفرزت الحرب العالمية الثانية تطوراً سريعاً في مجال القذائف الصاروخية وتكنولوجيا الموجات الدقيقة (المايكروويف) مما أدى إلى إنبثاق مجال علمي جديد هو الاتصالات الراديوية بواسطة الأقمار الاصطناعية.

بدأ ميلاد الفضاء في عام (1957) بإطلاق أول قمر اصطناعي سوفييتي الصنع إسمه سبوتنيك (SPUTNIK) وفي عام (1958) قامت وكالة الفضاء الأميريكية ناسا (NASA) بإطلاق القمر الاصطناعي سكور (SCORE) وشهد عام (1960) قيام وكالة ناسا بإطلاق قمر إصطناعي عاكس إسمه إيكو (ECHO) إلى مداره، وفي العام نفسه تم إطلاق أول قمر اصطناعي اسمه كوريز (COURIER) كما تم في عام (1962) إطلاق قمر اصطناعي فعال آخر يعرف تيلستار (TELSTAR) بينما أطلق أول قمر اصطناعي متزامن اسمه سنكام (SYNCOM) إلى المدار الاستوائي المتزامن في عام 1963. وفي عام 1965 أطلق الجيل الأول من سلسلة الأقمار الاصطناعية المتزامنة التجارية للاتصالات التابعة لمنظومة الانتل سات (INTELSAT)، وفي العام نفسه أطلق القمر الاصطناعي الروسي ضمن سلسلة أقمار مولنايا (MOLNYA) حيث أن هاتين السلسلتين من الأقمار الاصطناعية لا تزالان مستخدمتين في الاتصالات ويوضح الشكل (101) صوراً لمجموعة مختلفة من الأقمار الاصطناعية.




**شكل (1-1) نماذج مختلفة من الأقمار الاصطناعية**

يمكن تقسيم منظومات الأقمار الاصطناعية إلى جزأين:

1-المنظومة الفضائية: تتضمن هذا القمر الاصطناعي ومعدات الإطلاق، ويتطلب أن تكون مستلزمات الإطلاق والسيطرة والتغذية والمعدات الإلكترونية متطورة جداً.

2-المنظومة الأرضية: تتضمن هذه المحطات الأرضية المستخدمة لغرض تسلم وإرسال المعلومات من القمر الاصطناعي وإليه.

**2-1 خدمات الاتصالات الفضائية**

قام الاتحاد الدولي للاتصالات البعيدة بتنظيم الاتصالات الراديوية حيث حددت الترددات الراديوية الخاصة بالاتصالات البعيدة وحسب نوعية الاستخدام لكل من الاتصالات الأرضية والفضائية، ويمكن تلخيص خدمات الاتصالات الفضائية كما يأتي:

1-خدمات الأقمار الاصطناعية الثابتة:

تستخدم الأقمار الاصطناعية الثابتة لغرض تأمين الاتصال بين المحطات الأرضية الموزعة على سطح الكرة الأرضية عن طريق قمر اصطناعي واحد أو أكثر كما هي الحال في أقمار منظومة انتلسات.

2-خدمات الأقمار الاصطناعية المتنقلة:

تستخدم الأقمار الاصطناعية المتنقلة لتأمين الاتصالات بين المحطات الأرضية المتنقلة من جهة وبين المحطات الفضائية من جهة أخرى، ويمكن حمل المحطات الأرضية المتنقلة على متن السفن والبواخر، وتعرف الأقمار الاصطناعية المستخدمة لهذا الغرض حينئذ بالأقمار الملاحية المتنقلة كمنظومة مارسات (MARISAT) ويمكن وضع المحطات الأرضية المتنقلة مثل منظومة اتس (ATS) ومشروع أيروسات (AEROSAT) الخاص بخدمات الطيران كما أن هنالك محطات أرضية متنقلة أخرى تحمل على متن المركبات الأرضية وتستخدم لكشف وتحديد إشارات الإنذار القادمة من المحطات المحمولة على متن الطائرات عبر القمر الاصطناعي الخاص بالطوارئ كقمر سارسات(SARSAT) وذلك لتحديد منطقة الطوارئ.

3-خدمات الأقمار الاصطناعية الخاصة بالبث الإذاعي التلفزيوني

ويُعد القمر الاصطناعي العربي عرب سات (ARABSAT) واحداً من الأقمار الاصطناعية الخاصة بالبث الإذاعي والتلفزيوني بالدرجة الأولى والذي يغطي سائر أنحاء الوطن العربي. وهنالك أقمار اصطناعية أخرى تستخدم لأغراض البث الإذاعي والتلفزيوني كقمر أوس سات (AUSSAT) في أستراليا وبسي سات (BSESAT) في اليابان وغيرها.

4-خدمات الأقمار الاصطناعية الخاصة بالاستكشافات الأرضية.

تتضمن خدمات هذه الأقمار الاصطناعية ملاحظة سطح الكرة الأرضية لأغراض عديدة كدراسة الأرصاد الجوية مثلاً ويعرف القمر الاصطناعي

المستخدم لهذا الغرض حينئذ ميتوسات (METEOSAT) يستخدم لدراسة شكل وطبيعة الأرض، إضافة إلى وجود أقمار اصطناعية أخرى تعنى بدراسة الموارد الأرضية مثل لاندسات (LANDSAT).

**5-خدمات الأقمار الاصطناعية الخاصة ببحوث الفضاء**

تسخّر هذه الأقمار الاصطناعية لبحوث الفضاء والبحوث العلمية والتقنية.

**6-خدمات الأقمار الاصطناعية الخاصة بالتحديد الراديوي.**

تستخدم هذه الأقمار الاصطناعية لتحديد موقع وسرعة الأهداف باستخدام المحطات الفضائية كالقمر نافستار (NAVSTAR) .

### 3-1 الاتصالات بواسطة الأقمار الاصطناعية:

تقوم الأقمار الاصطناعية باستلام الإشارات من المحطات الأرضية او من أقمار اصطناعية أخرى وتكبر هذه الإشارات وتغير ترددها ومن ثم تعيد إرسالها إلى مسافات بعيدة على سطح الكرة الأرضية. وتستخدم في المحطات الأرضية عادة هوائيات كبيرة الحجم لغرض استلام وإرسال الإشارات من القمر الاصطناعي وإليه إذ قد يصل قطر هذه الهوائيات إلى حدود (32) متراً وقد اتجهت البحوث في الآونة الأخيرة نحو تصغير حجم هوائيات المحطات الأرضية بحيث يصل قطرها إلى حدود المتر الواحد. تقع الترددات المستخدمة عادة في الاتصالات بواسطة الأقمار الاصطناعية تقع ضمن النطاق (C) وهذه الترددات هي (6/4) كيكا هيرتز، إذ يمثل التردد (6) كيكا هيرتز الوصلة الصاعدة (أرض ⟵ قمر) بينما يمثل التردد (4) كيكا هيرتز الوصلة النازلة (قمر ⟵ أرض). وهنالك منظومات اتصالات للأقمار الاصطناعية تستخدم ترددات أخرى تقع ضمن النطاقين (K) و (Ku) كمنظومة أنتل سات - 7 وتيلي كوم-1 (TELECOM-1) التي تستخدم التردد البالغ (14/11) كيكا هيرتز كما أن هنالك تجارب متقدمة لاستخدام التردد (20-30) كيكا هيرتز في القمر الياباني (S).

# الفصل الثاني

# منظومات الأقمار الاصطناعية

# الفصل الثاني

# منظومات الأقمار الاصطناعية

## 2-1 المنظومات الدولية للأقمار الاصطناعية

### 2-1-1 منظومة الأنتل سات INTELSAT

تأسست هذه المنظومة بتاريخ 20 أيلول عام (1964) وتحت اسم المنظمة العالمية للاتصالات البعيدة بالأقمار الاصطناعية وبعضوية أحد عشرة دولة وتنامى عدد الدول المشتركة فيها حتى أصبح في 12 شباط عام 1973 ثمانين دولة، وتضم هذه المنظمة في عضويتها حالياً أكثر من (100) دولة وتنقل خدمات إلى حوالي (600) محطة أرضية موزعة في أكثر من (149) دولة.

تُعد منظومة الأنتل سات مسؤولة عن تأمين الاتصالات لأعضائها وتقوم بتأجير خدماتها للدول الأعضاء.. وتُعد منظومة كوم سات (COMSAT) من أهم أعضاء هذه المنظمة الدولية والتي تمثل الولايات المتحدة حيث يبلغ حصتها من استثمار خدمات منظومة الأنتل سات حوالي (20%) ويأتي بعدها اليابان والمملكة المتحدة والصين والهند والفاتيكان وتبلغ حصة الصين لاستثمار خدمات الأنتل سات حوالي (0.33%).

يوضح الجدول (2-أ) المواصفات الفنية للأجيال المتعاقبة من أقمار منظومة الأنتل سات.

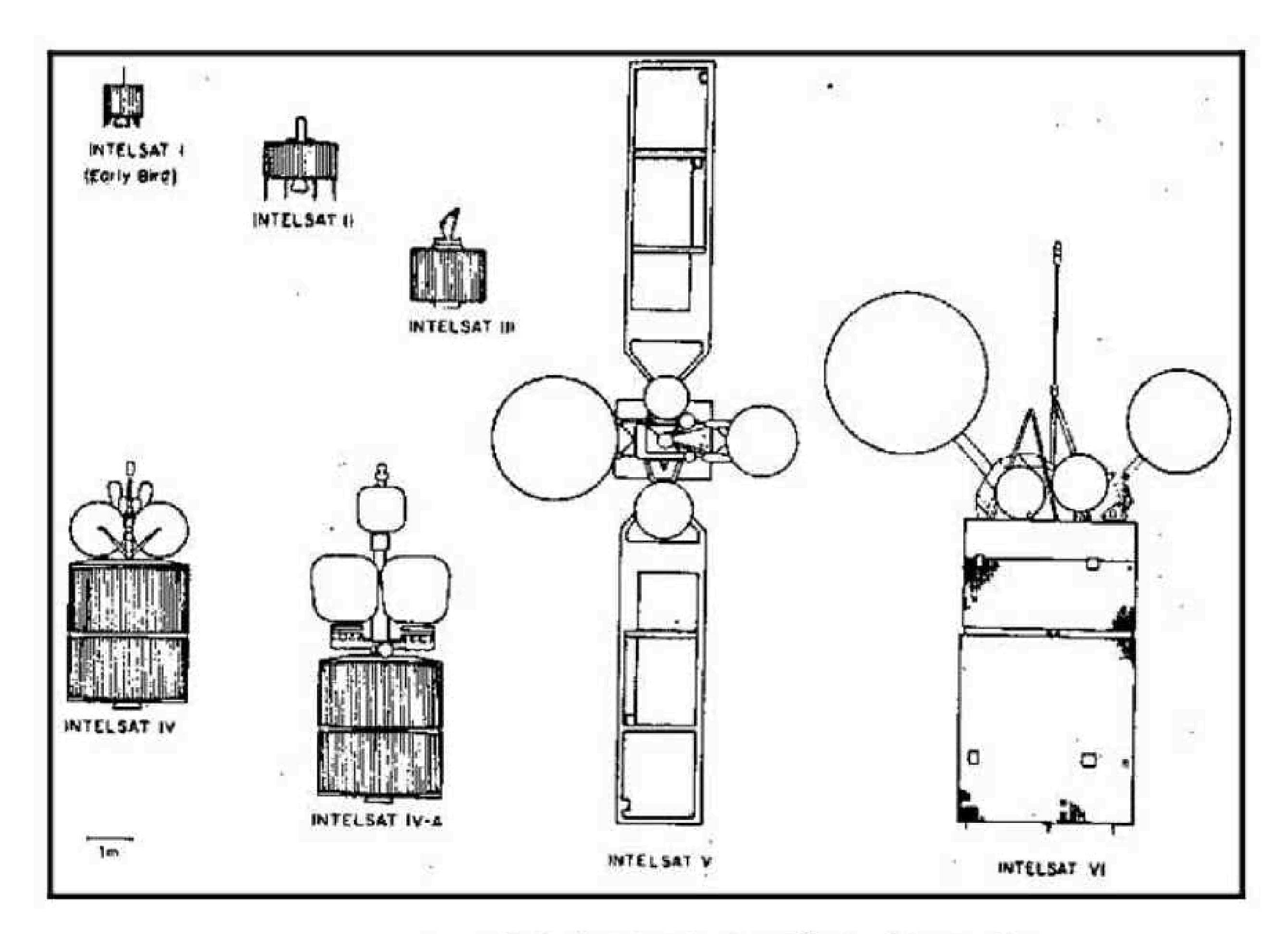
## المواصفات الفنية للأقمار الاصطناعية لمنظومة الأنتل سات (INTELSAT)

| ت | المواصفات الفنية | الجيل الأول I | الجيل الثاني II | الجيل الثالث III | الجيل الرابع IV | الجيل الربع -أ- IVA | الجيل الخامس V | الجيل السادس VI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | تاريخ الإطلاق | 6-4-1965 | 11-1-1967 | 18-9-1968 | 25-1-1971 | 29-1-1976 | 6-12-1980 | 1986 |
| 2 | القمر التصميمي (سنة) | 1.5 | 3 | 5 | 7 | 7 | 7 | 10 |
| 3 | طول القمر (متر) | 0.72 | 1.42 | 1.41 | 2.38 | 2.38 | 15.58 | 3.64 |
| 4 | ارتفاع القمر (متر) | 0.59 | 0.67 | 2.02 | 5.28 | 6.93 | 6.43 | 11.83 |
| 5 | طاقته الابتدائية / طاقته النهائية واط | 45/33 | 83/75 | 160/125 | 600/400 | 700/500 | 1800/1200 | 2800/2200 |
| 6 | تردد القناة القمرية (كيكاهيرتز) | 6/4 | 6/4 | 6/4 | 6/4 | 6/4 | 14/12 ، 6/4 | 14/12 ،6/4 |
| 7 | عرض الحزمة (ميكاهيرتز) | 25 | 125 | 225 | 36 | 36 | ،72 ،36 77،241 | 41 ،36 72،77،150 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | طاقة الحزمة (واط) | 6 | 18 | 11 | 6 | 6.5 | 4.5، 8.5، 10 | 1.8، 1.6 |
| 9 | عدد الحزم | 2 | 1 | 2 | 12 | 20 | 27 | 50 |
| 10 | عدد القنوات الهاتفية | 240 | 240 | 1200 | 4000 | 6000 | 12000 | 36000 |
| 11 | عدد القنوات التلفزيونية | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |

**جدول (2-أ)**

تتضمن خدمات منظومة الأنتل سات كلاً من اتصالات الهاتف والتلغراف والبيانات والإشارات التلفزيونية والصور الثابتة (الفاكسمايل). ويوضح الشكل (2-1) صوراً للأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة الأنتل سات.




شكل (2-1) أجيال الأقمار الاصطناعية لمنظومة الأنتل سات (INTELSAT)

**2-1-2 منظومة أقمار سات (INTELSAT)**

تُعد منظومة أنمارسات منظومة دولية للأقمار الصناعية الملاحية تأسست هذه المنظومة في 16 تموز (1979) باشتراك عدد قليل من الدول في عضويتها ولكنها توسعت فيما بعد حتى أصبح عدد أعضائها في أواسط عام (1983) حوالي أربعين دولة بما فيها الاتحاد السوفيتي ودول أوروبا الشرقية ويقدر سهم الولايات المتحدة بـ: (23.33%) بينما يقدر سهم الاتحاد السوفييتي بـ (14.07%).

قامت هذه المنظمة في السنوات الأولى من تأسيسها بأستغلال القنوات القمرية التابعة للأقمار الاصطناعية لمنظومة الأنتل سات، ويُعدّ القمر انتل سات المرقم (F-S) أول جيل لمنظومة أنمارسات وقد أطلق مع المنظومة الثانوية

للاتصالات الملاحية عام (1982). يوضح الجدول (2-ب) المواصفات الفنية للجيل الأول للأقمار الاصطناعية لمنظومة أنمارسات، علماً بأنّ الجيل الثاني من أقمار أنمارسات قد دخل الخدمة في عام 1988.

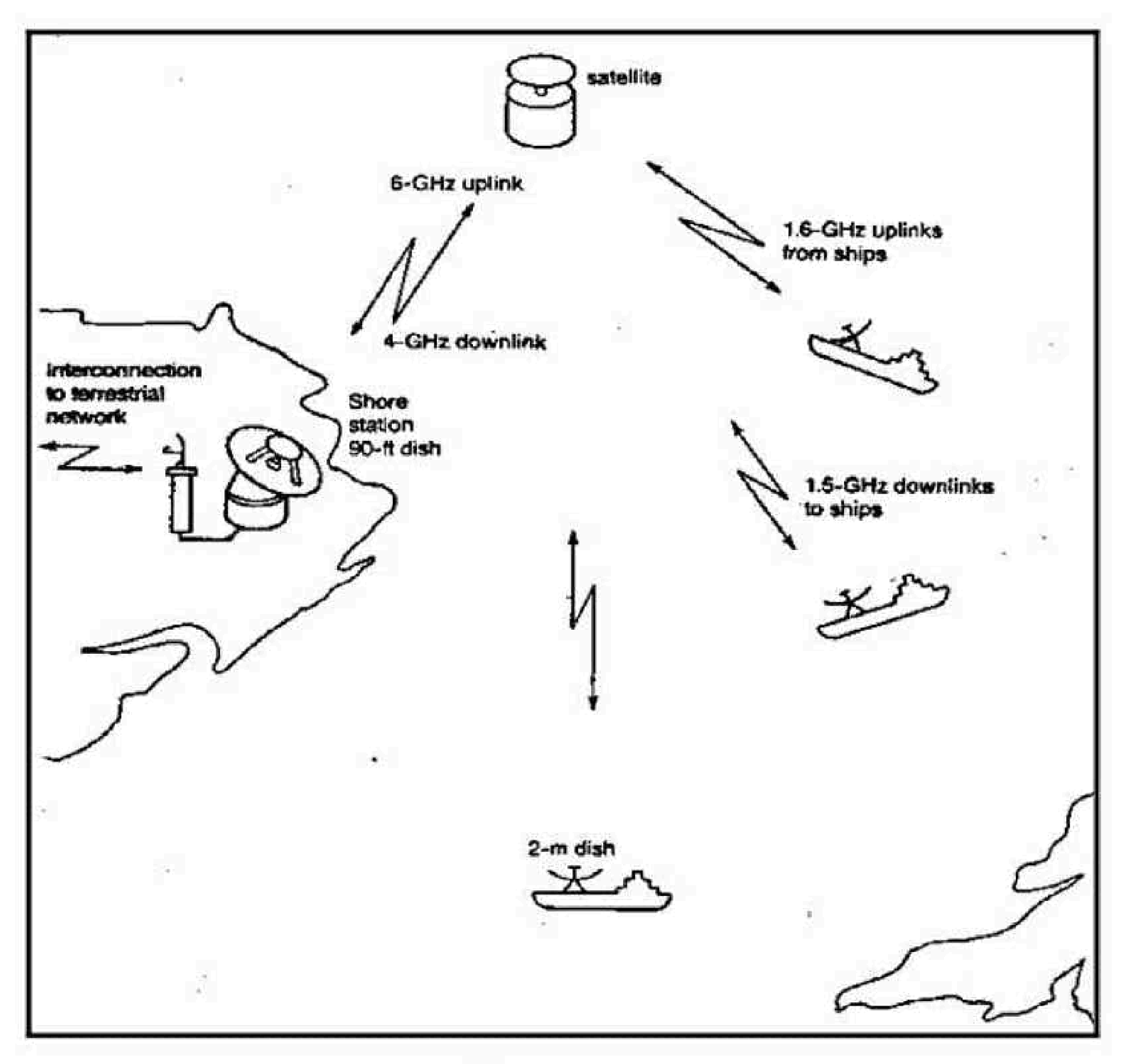
**المواصفات الفنية للأقمار الاصطناعية (الجيل الأول) لمنظومة أنمارسات (INMARSAT).**

| ت | المواصفات الفنية | انتل سات F-5 | انتل سات F-6 | انتل سات F-7 | انتل سات F-8 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1- | تاريخ الاطلاق | 28-9-1982 | 18-5-1983 | 18-10-1983 | 4-3-1984 |
| 2- | القمر التصميمي (سنة) | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 3- | وزن القمـــر في المـــدار (كيلوغرام) | 1870 | 1870 | 1870 | 1870 |
| 4- | الـــترددات المســـتخدمة كيكاهيرتز | /1.5425 1.535 | 1.6365/1.44 | 4.1925/4.200 | /6.420 6.4175 |
| 5- | القنوات القمرية الفعالة | 2(1C-L, 1L-C) | 2(1C-L, 1L-C) | 2(1C-L, 1L-C) | 2(1C-L, 1L-C) |
| 6- | عرض الحزمة (ميكاهيرتز) | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| 7- | سعة القمر (قناة) | 35 | 35 | 35 | 35 |

**(جدول (2-ب))**

أن المهمة الرئيسة لمنظومة أنمارسات هي توفير خدمات الاتصالات للمركبات البحرية والموانئ كما هو موضح في الشكل (2-29)حيث تم في شهر آب من عام 1984.

تم تجهيز أكثر من (2600) سفينة بحرية بمحطات اتصال مع الأقمار الاصطناعية لمنظومة أنمارسات، وتشمل خدمات منظومة أنمارسات كل من المكالمات الهاتفية ونقل المعلومات وخدمات الطوارئ. وجدير بالذكر أن هذه المنظمة كانت تطمح إلى إنشاء منظومة عالمية للأقمار الاصطناعية لتقديم خدمات الاتصالات البحرية والجوية في آن واحد.




شكل (2-2) خدمات الاتصال لمنظومة أنمارسات (INMARSAT).

**2-1-3 المنظومة الأوروبية للأقمار الاصطناعية**

بدأ البرنامج الأوروبي بالقمر الاصطناعي التجريبي أوتس (OTS) عام (1978) ومن ثم تطور المشروع بخطوات عملية حيث تم في عام (1983) إطلاق القمر الاصطناعي بوتيل سات EUTELSAT 1(F-2) ، وفي عام (1984) تم إطلاق يونيل سات 1(F-2) مع حمولة الخدمات المتعددة (SMS) الخاصة بالمنظومة الأوروبية.

وقد تقرر أن يستبدل هذا القمر بالجيل الثاني المعروف (ECS-A) وذلك في بداية التسعينات، وجدير بالذكر أن هنالك منظومة تجريبية أخرى للاتصالات دخلت الخدمة عام (1986) وتعرف بمنظومة أوليامبس (OLYMPUS).

هيأت المنظمة الدولية الأوروبية خدمات الاتصالات البعيدة بواسطة القمر الاصطناعي بوتيل سات الذي يستخدم كقناة رئيسة للاتصالات الهاتفية في أوروبا ولتوزيع البرامج التلفزيونية بين الدول الأعضاء إضافة إلى بعض الخدمات الخاصة كنقل البيانات وغيرها. وكانت المنظومة الأوروبية في عام (1983) تضم في عضويتها (20) دولة، يوضح الجدول (2-جـ) بعض المواصفات الفنية للمنظومة الأوروبية.

**بعض المواصفات الفنية للمنظومة الأدبية بوتيل سات**

| ت | المواصفات الفنية | خدمات الهاتف والإذاعة والتلفزيون | خدمات الأعمال التجارية |
|---|---|---|---|
| 1- | تردد الوصلة الصاعدة (كيكاهيرتز) | 14/14.5 | 14/14.08 |
| 2- | تردد الوصلة النازلة (كيكاهيرتز) | 10.95/11.2 | 12.5/12.58 |
| 3- | الطاقة المرسلة لكل قناة (واط) | 20 | 20 |

جدول (2-جـ)

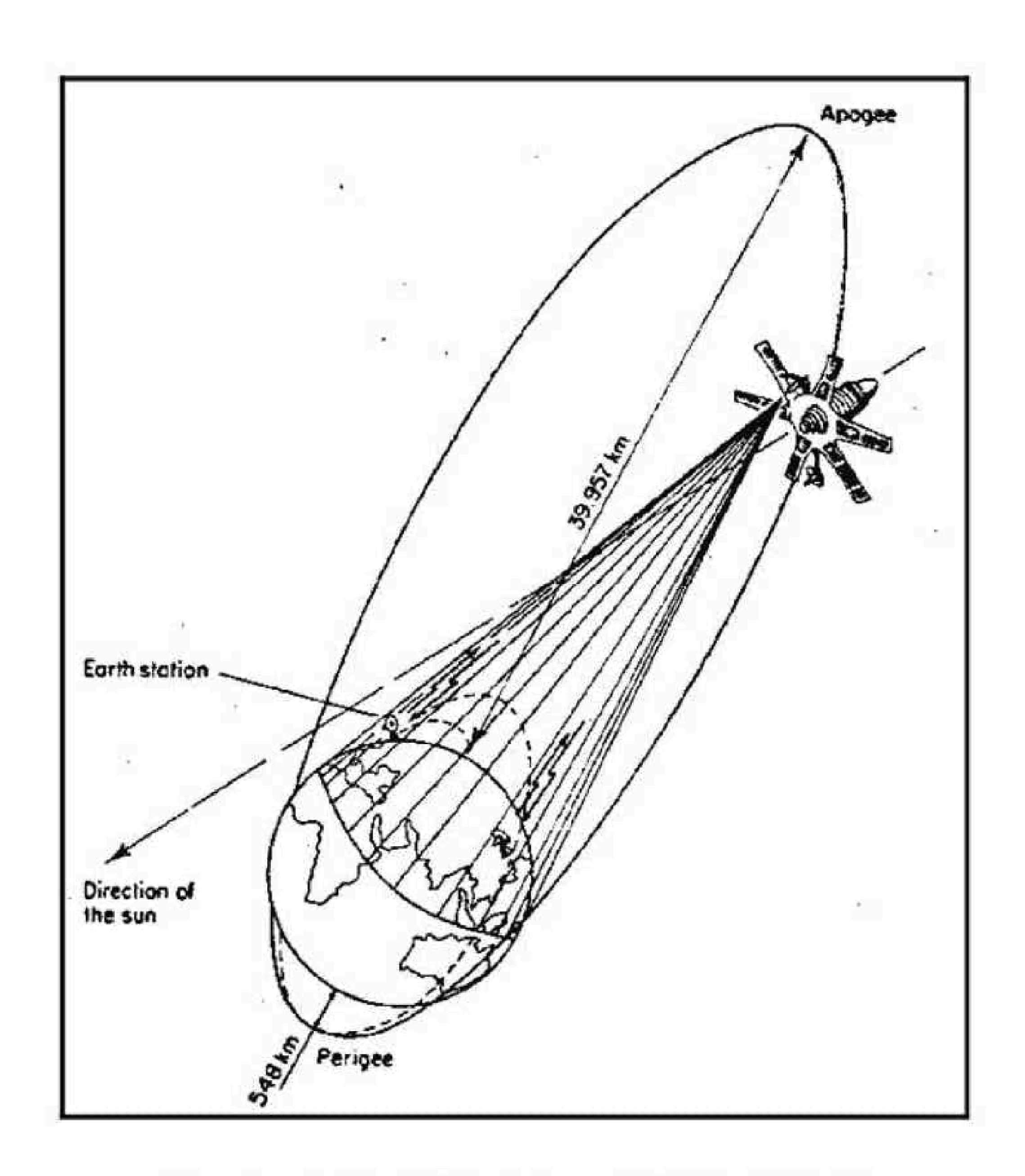
**4-1-2 منظومة الأنترسبوتنيك (INTERSPUTNIK)**

دعـى الاتحـاد السـوفييتي في عـام (1971) إلى تأسـيس منظمـة الاتصـالات بواسـطة الأقـمار الاصطناعية وقد ضمّت في عضويتها كل من بلغاريا وكوبا وهنغاريا وتشيكوسلوفاكيا والمانيا الشرقية ومنغوليا وبولنده ورومانيا وعرفت هذه المنظومة بالانترسبوتنيك .

تسـتخدم منظمـة الانترسـبوتنيك أقـماراً اصـطناعية سـوفيتية الصـنع مـن نـوع مولنايـا (MOLNYA) التي تدور في مدار إهليجي مائل بحيث تكون أقـرب نقطـة إلى سـطح الأرض (نقطـة الحضيض) على ارتفاع (548) كيلو متراً بينما يكون ارتفاع أبعد نقطة عن سطح الأرض (نقطة الأوج) (39957) كيلو متراً كما وضـح في الشـكل (2-3) إضـافة إلى أقـمار اصـطناعية أخـرى تـدور في المـدار الاسـتوائي المتـزامن كـالقمر راددوكـا (RADUGA) وأيكـران (EKRAN) وكوريزونـت (EORIZONT) تتضمن خدمات هذه المنظومة، الاتصالات الهاتفيـة والتلغـراف والراديـو ونقـل البيانـات والـتلكس إضافة إلى توزيع البرامج التلفزيونية. يوضح الجـدول (2-5) المواصـفات الفنيـة للأقـمار الاصـطناعية التابعة لمنظومة الانترسبوتنيك.

**جدول (2-5) المواصفات لافنية للأقمار الاصطناعية لمنظومة الانترسبوتنيك.**

| ت | المواصفات الفنية | مولنايا (1) | مولنايا (2) | مولنايا (A) | رداوكا | أيكران | كوريزونت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -1 | تاريخ الإطلاق | 23-3-1956 | 24-11-1971 | 21-11-1974 | 22-12-1975 | 26-10-1976 | 19-12-1978 |
| -2 | القمـــــــر التصـــــميمي (سنة) | 2 | 1-2 | 1-2 | 2-3 | 2 | 2-3 |
| -3 | الكتلـــــــة (كيلوغرام) | 1000 | ؟ | 1600 | 1940 | 1970 | 2120 |
| -4 | عـدد القنـوات القمرية | 1 | ؟ | 3 | 4 | 1 | 1 |
| -5 | طاقــة القنــاة (واط) | 20 | ؟ | 30 | 40 | 200 | 40 |
| -6 | اسـم منظومـة الإطلاق | فوستوك | فوستوك | فوستوك | بروتون D | بروتون D | بروتون D |




شكل (2-3) منظومة الانترسبوتنيك باستخدام قمر اصطناعي نوع مولنايا

**2-1-5 منظومة عرب سات (ARABSAT)**

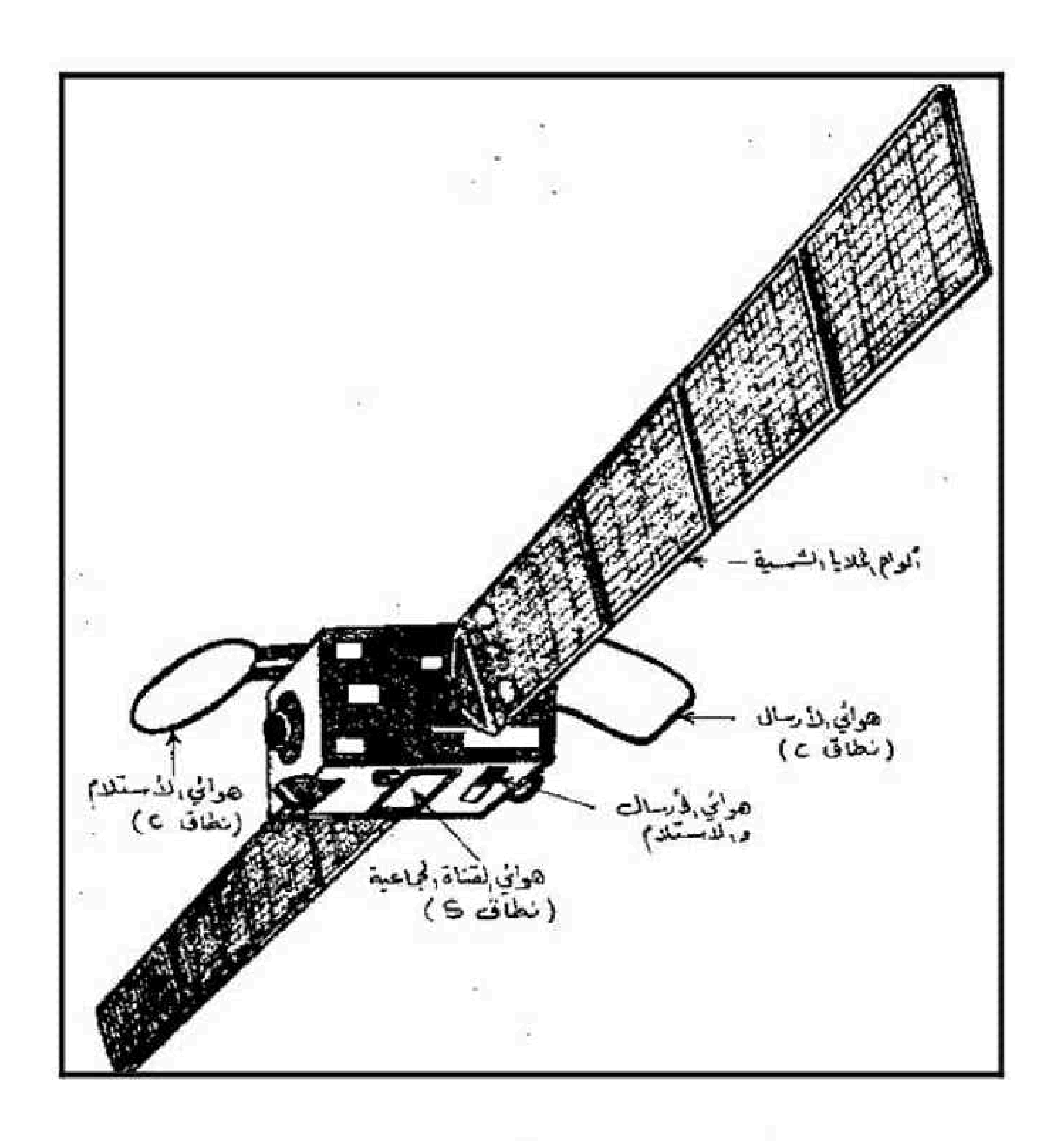
تأسست المنظومة العربية للاتصالات الفضائية في عام (1976) وذلك لتوفير خدمات الاتصالات لجميع الدول العربية الثنتين والعشرين وعلى نسق مماثل للمنظومات الدولية الأخرى. تتكون المنظومة العربية للاتصالات الفضائية المعروفة بعرب سات من قسمين كما يلي:

1-القسم الفضائي:

يتضمن هذا القسم ثلاثة أقمار اصطناعية، أطلق القمر الاصطناعي الأول عرب سات (1A) في 8 شباط عام (1985) بواسطة الصاروخ الأوروبي أريان المدار الانتقالي الإهليجي ليصل إلى المدار الاستوائي المتزامن وعلى خط الطول (15) شرقاً، أطلق القمر الاصطناعي الثاني عرب سات (18) على متن المكوك الفضائي الأميركي ديسكفري في 17 حزيران عام (1985) من قاعدة كيب كندي في ولاية فلوريدا الأميريكية إلى المدار الدائري المنخفض الخاص بوقوف المكوكات الفضائية الذي يكون على ارتفاع (290) كيلومتر، ومن هذا المدار قُذف عرب سات الثاني من المكوك الفضائي إلى المدار الانتقالي الإهليجي ليصل إلى المدار الاستوائي المتزامن وعلى خط الطول (26) شرقاً. في حين يعتبر عرب سات الثالث احتياطي مخزون على الأرض في ظروف بيئية مشابهة للبيئة الفضائية ويستخدم هذا القمر الاحتياطي في حالة فشل أحد الأقمار الأخرى أو لتمديد عمر الجيل الأول من عرب سات من (7) سنوات (12) سنة.

2-القسم الأرضي:

يتضمن القسم الأرضي كلاً من منظومة التحكم ومحطات الإرسال والاستلام التابعة للدول العربية. تتكون منظومة التحكم من محطتين، إحداها رئيسية تقع قرب مدينة الرياض في المملكة العربية السعودية، والأخرى ثانوية تقع قرب العاصمة التونسية، تقوم محطة التحكم الرئيسة بتتبع وتحديد مدى عرب سات عند إطلاقه في المدار الانتقالي ووصوله إلى المدار الاستوائي المتزامن بالإضافة إلى مراقبة القنوات القمرية واتصالاتها وأداء نظم السيطرة على مكونات القمر. وفي نفس الوقت تتمكن المحطة الثانوية من القيام بنفس دور المحطة الرئيسة باستثناء عدم قدرة المحطة الثانوية على مراقبة اتصالات القنوات القمرية في عرب سات والجدير بالذكر أن للمحطة الثانوية القابلية على تشغيل منظومة عرب سات بشكل كامل عند الحاجة. يوضح الشكل (2-4) صورة للقمر الاصطناعي العربي عرب سات.




**شكل (2-4) القمر الاصطناعي العربي عرب سات**

يمكن استغلال عرب سات في تبادل البرامج العلمية والتربوية والثقافية والاجتماعية ولتأمين الاتصالات المسموعة والمرئية والتلكس والتلغراف والفاكسمايل/ إضافة غلى إمكانية نقل وقائع الندوات، والمؤتمرات لجميع الدول العربية. ويمتاز عرب سات بإمكانيات فنية لربط الحاسبات الإلكترونية المركزية في دول عربية مختلفة مع بعضها لتبادل البيانات والمعلومات، والبرامج العلمية وغيرها. ومن جهة أخرى فإن عرب سات مزود بقناة جماعية للتلفزة يمكن استغلالها بشكل تتمكن فيها بعض الدوائر الرسمية أو حتى المواطنين من استلام برامج التلفزيون من خلال هذه القناة الجماعية، علماً بأن هذه القناة تبث البرامج على التردد البالغ (2.5) كيكاهيرتز ضمن النطاق الترددي (S) وبواسطة

هوائي على شكل دليل موجي ذي شقوق مثبت على جسم عرب سات في الجهة المواجهة للأرض. أما القنوات القمرية الأخرى فإنها تعمل ضمن النطاق الترددي (C ) وبذلك يكون عرب سات مزوداً بهوائيين منفصلين يعملان ضمن نطاق (C ) أحدهما يستخدم لاستلام الإشارات من المحطات الأرضية بتردد قدرة (6) كيكاهيرتز كوصلة صاعدة، والهوائي الآخر يستخدم لإرسال الإشارات بعد تكبيرها إلى المحطات الأرضية وبتردد قدرة (4) كيكاهيرتز كوصلة نازلة. وهنالك هوائيات أخرى صغيرة تستخدم للاتصال مع محطات التحكم الرئيسية والثانوية لغرض القياس والسيطرة وتحديد المدى ويوضح الجدول (2-هـ) المواصفات الفنية للقمر الاصطناعي عرب سات.

**المواصفات الفنية للقمر الاصطناعي عرب سات**

| ت | المواصفات الفنية | عرب سات (1A) و (1B) |
|---|---|---|
| -1 | كلفة منظومة عرب سات | (35) مليون دولار |
| -2 | طول عرب سات (متر) | 2.26 |
| -3 | عرض عرب سات (متر) | 1.64 |
| -4 | ارتفاع عرب سات (متر) | 1.49 |
| -5 | الطاقة الكهربائية في بداية عمرها (كيلو واط) | 1.5 |
| -6 | البطاقة الكهربائية في نهاية عمرها (كيلو واط) | 1.3 |
| -7 | القمر التصميمي للقمر (سنة) | 7 |
| -8 | عدد القنوات القمرية | 26 |

| | | |
|---|---|---|
| -9 | عدد القنوات الهاتفية | 8000 |
| -10 | عدد القنوات التلفزيونية | 7 إضافة إلى القناة الجماعية |
| -11 | الترددات المستخدمة كيكاهيرتز | (6/4) و (6 /2.5) |
| -12 | عدد الخلايا الشمسية في عرب سات | 20000 |
| -13 | نوع مكبرات الطاقة المستخدمة | صمام الموجات المتنقلة (TWT) |
| -14 | كتلة القمر في المدار (كيلوغرام) | 598 |

**جدول (2-هـ)**

**6-1-2 منظومة تلي - أكس (TELE- X)**

تقدم منظومة تلي - أكس خدمات الاتصالات البعيدة ونقل البرامج التلفزيونية بصورة مباشرة إلى المواطنين بالإضافة إلى نقل الصور والبيانات وتضم منظومة تلي- أكس في عضويتها كل من السويد والنرويج وفلندا. وتتمكن هذه المنظومة من تأمين الاتصال لعدد كبير من المحطات الأرضية يصل عددها إلى (5000) محطة، ويمكن استلام البرامج التلفزيونية منزلياً باستخدام هوائيات صغيرة منزلية يتراوح قطرها بين (0.5) إلى (0.9) متر. يوضح الجدول (2-9) المواصفات الفنية للأقمار الصناعية التابعة لمنظومة تلي - أكس.

**جدول (2-9) المواصفات الفنية لمنظومة تلي - إكس (TELE- X)**

| ت | المواصفات الفنية | منظومة تلي- إكس |
|---|---|---|
| 1 | القمر التصميمي للقمر | 7-5 سنوات |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | الكتلة (كيلوغرام) | 2130 |
| 3 | الطاقة الكهربائية (واط) | 3200 |
| 4 | طول القمر (متر) | 2.4 |
| 5 | عرض القمر (متر) | 1.65 |
| 6 | ارتفاع القمر (متر) | 2.4 |
| 7 | طول ألواح الخلايا الشمسية (متر) | (19) |
| 8 | الترددات المستخدمة (كيكاهيرتز) | (14/12)، (12/ 18) |
| 9 | عرض الحزمة (ميكاهيرتز) | (86- 40)، (27) |

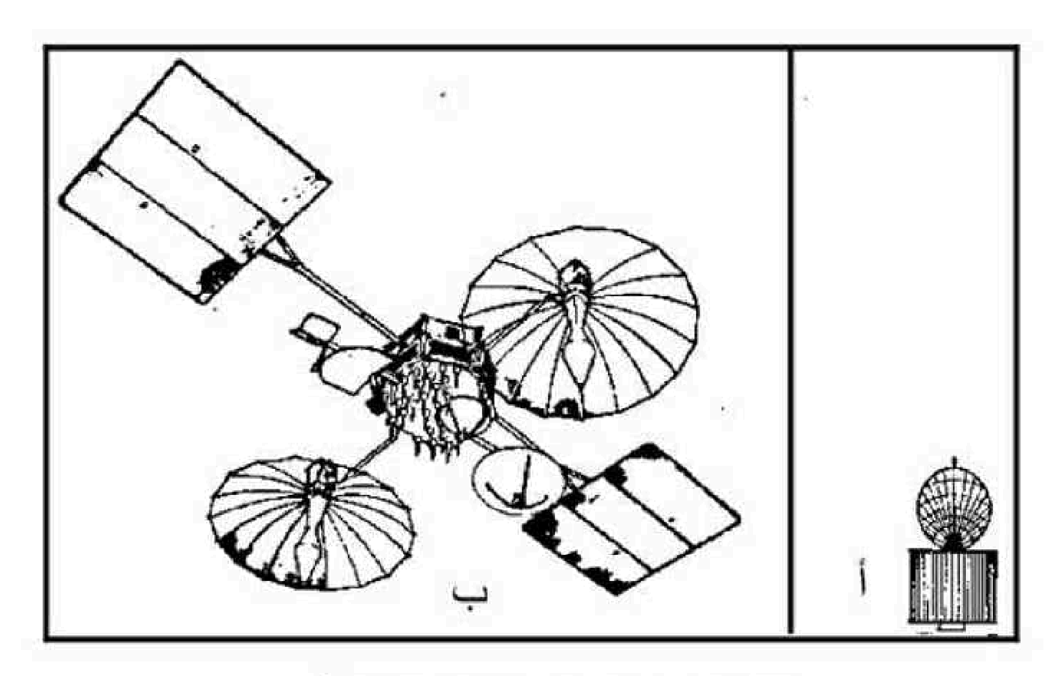
## 2-2 المنظومات المحلية للأقمار الاصطناعية في العالم

### 2-2-1 المنظومات المحلية في الولايات المتحدة

تمتلك الولايات المتحدة منظومات محلية عديدة للأقمار الاصطناعية وهي كما يلي:

**1- منظومة ويستار (WESTAR)**

دخلت منظومة ويستار في مجال الخدمة عام (1974) كأول منظومة أمريكية محلية وقد تبنت شركة هيوز للطيران تصنيع أقمارها الاصطناعية ويوضح الشكل (2-5أ) صورة لأول قمر اصطناعي محلي ضمن منظومة ويستار بينما يمثل الشكل (2-5ب) صورة لجيل متقدم من منظومة ويستار الأمريكية.

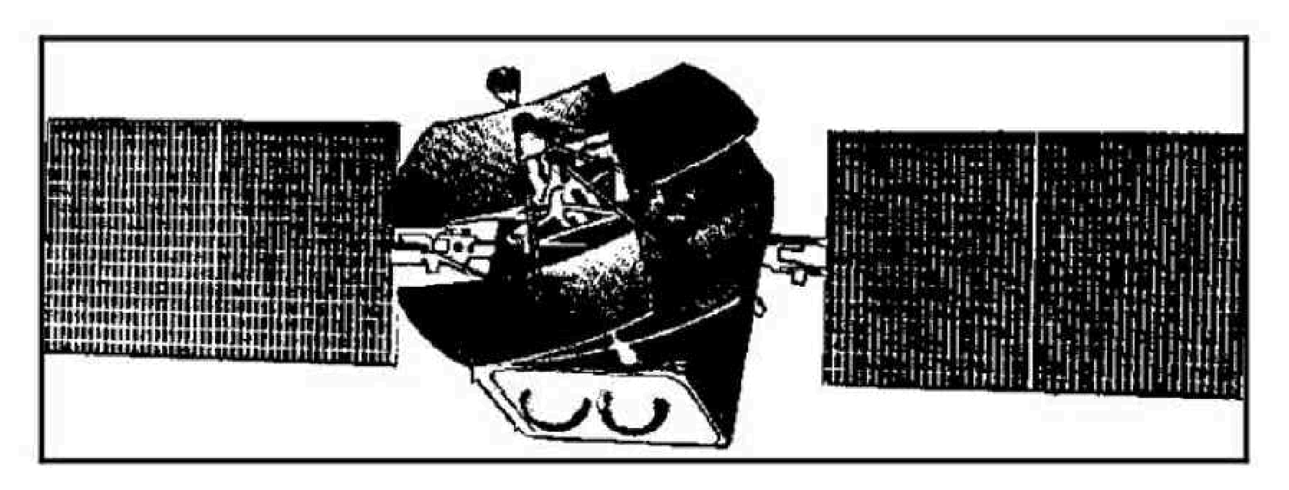



**شكل (2-5) منظومة ويستار (WESTAR) أ- ب**

تستخدم هذه المنظومة للاتصالات الهاتفية وتوزيع البرامج التلفزيونية والبرامج المسموعة ونقل المعلومات وتتميز الأقمار الاصطناعية لهذه المنظومة بأنها ذات (12) أو (24) قناة قمرية تعمل ضمن النطاق الترددي ( C) باستخدام التردد (6) كيكاهيرتز كوصلة صاعدة والتردد (4) كيكاهيرتز كوصلة نازلة علماً بأن عرض الحزمة لكل قناة قمرية يبلغ (36) ميكاهيرتز.

**2-منظومة سات كوم (SATCOM)**

أطلق القمر الاصطناعي سات كوم(1) في عام (1975) وأطلق سات كوم (2) في عام (1976)، ويبلغ وزن كل قمر حوالي (400) كيلوغرام وتبلغ سعة كل قمر (24) قناة قمرية وأن عرض الحزمة لكل قناة قدرة (36) ميكاهيرتز تعمل ضمن النطاق الترددي ( C) أي (6/4) كيكاهيرتز. وجدير بالذكر أن القمر الاصطناعي سات كوم (1) قد خرج من الخدمة لنفاذ عمره التصميمي وذلك في حزيران عام (1984) بينما يلاحظ أن سات كوم (2) لا يزال في الخدمة. يوضح الشكل (2-6) صورة لأحد الأقمار الاصطناعية ضمن منظومة سات كوم.



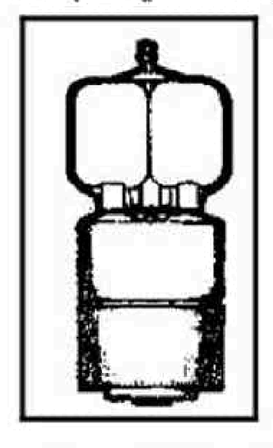
**شكل (2-6) القمر الاصطناعي سات كوم**

واستمراراً لسلسلة الأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة سات كوم تم إطلاق قمرين اصطناعيين يعملان ضمن حزمة (2) وذلك في كانون الأول من عام (1981) وكانون الثاني من عام (1982) على الترتيب وفي نهاية عام (1982) تم إطلاق القمر سات كوم (5) وبعده أطلق سات كوم (1R) وسات كوم (2R).

**3- منظومة كوم ستار (COMSTAR)**

تتضمن منظومة كوم ستار (24) مكرراً تصل ضمن النطاق الترددي (2) بتردد قدره (6/4) كيكاهيرتز وعرض الحزمة (36) ميكاهيرتز.

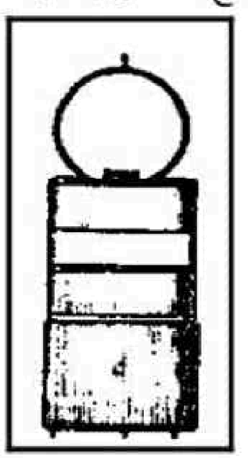
يوضح الشكل (2-7) أحد الأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة كوم ستار.



**شكل (2-7) منظومة كوم ستار (COMSTAR).**

4- منظومة تيل ستار (ETESTAR)

تأسست منظومة تيل ستار في عام (1983)، وتتميز أقمارها الاصطناعية (TWTA) ومكبر الطاقة ذات الحالة الصلبة (SSPA) ويوضح الشكل (8-2) القمر الاصطناعي تيل ستار.



شكل (8-2) منظومة تيل ستار (TELSTAR)

5- منظومة الأقمار الاصطناعية التجارية (SBS)

دخلت منظومة الأقمار الاصطناعية التجارية (SBS) إلى الفضاء عام (1980) لتوفير خدمات الاتصال لرجال الأعمال والمكاتب التجارية كالاتصالات الهاتفية والمرئية ونقل المعلومات لعدد كبير من المشتركين. ويلاحظ أن القمرين الاصطناعيين (SBS-1) و (SBS-2) يعملان ضمن النطاق (Ku) وبتردد قدره (14/12) كيكاهيرتز ويستخدم فيهما مبدأ الاتصالات الرقمية. حيث أن سعة كل قمر هو (10) قنوات وبمعدل (48) ميكابايت خلال الثانية الواحدة وبذلك يصبح المعدل الكلي لسعة القمر (480) ميكابايت.

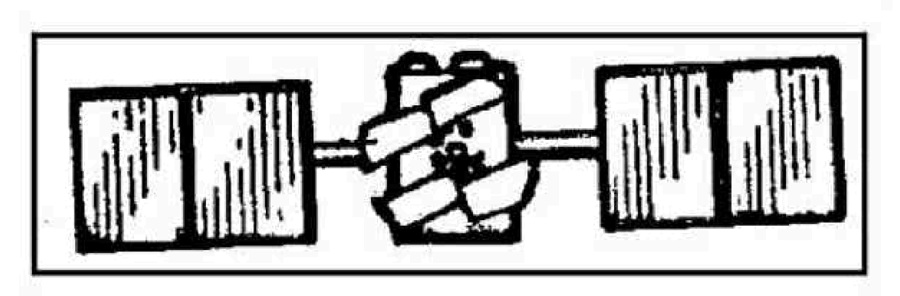
تتضمن خدمات هذه المنظومة (14000) خط هاتفي و (8000) خط اتصال لنقل المعلومات. كما أن هذه المنظومة تتضمن قناتين قمريتين تصل قدرة الإرسال لكل منها إلى (40) واطاً وقد أجرّتا لمنظومة سات كوم لغرض توزيع البرامج التلفزيونية العائدة لشبكة (NBC) التلفزيونية.

لقد تم تركيز خمس قنوات قمرية من القمر الاصطناعي (SBS-4) على شكل حزم نقطية وجهت إلى السواحل الشرقية الغربية للولايات المتحدة لاستلام البرامج التلفزيونية المباشرة. وكان من المؤمل إطلاق القمر الاصطناعي (SBS-5) في عام (1986) الذي يتضمن (14) قناة قمرية ذات حزمة عرضها (110) ميكاهيرتز. وجدير بالذكر أن منظومة (SBS) قد استخدمت أقماراً مشابهة للأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة تيل ستار والموضحة في الشكل (2-8).

**6- منظومة سبيسنت (SPACENET)**

تتكون منظومة سيسنت من ثلاثة أقمار الاصطناعية هجينية تعمل ضمن نطاقين ترددين ( C)  (6/4) كيكاهيرتز و(Ku) (14/12) كيكاهيرتز ويستخدم في الأقمار الاصطناعية لهذه المنظومة كل من مكبر الطاقة ذات الحالة الصلبة وصمام تكبير الموجة المتنقلة، ويلاحظ أن (6) قنوات قمرية تعمل ضمن النطاق الترددي (Ku) وذات حزمة عرضها (72) ميكاهيرتز، تعتمد في عملها على صمام تكبير الموجة المتنقلة، وبالإضافة إلى ذلك هنالك (18) قناة تعمل ضمن النطاق الترددي (2) وبنفس عرض الحزمة السابق. ومن الناحية التقنية فإن (12) قناة منها تعتمد في عملها على مكبر الطاقة ذات الحالة الصلبة بينما تعتمد (6) قنوات على صمام تكبير الموجة المتنقلة.

تستخدم منظومة سيسنت لتوفير خدمات الاتصالات المرئية والمسموعة وتوزيعها على المشتركين ورجال الأعمال ودوائر الدولة، وقد أطلق أول قمر اصطناعي تابع لمنظومة سيسنت في مايس من عام 1984 (شكل 2-9).



شكل (2-9) منظومة سيسنت (SPACENET).

**7- منظومة جستار (GSTAR)**

تتكون منظومة جستار من قمرين اصطناعيين يعملان ضمن النطاق (Ku) (14/12) كيكاهيرتز ذات حزمة عرضها (54) ميكاهيرتز. ويستخدم صمام تكبير الموجة المتنقلة بطاقة قدرها (27) واط لتغذية قناتين متخصصتين لتغطية سائر أنحار الولايات المتحدة، أما بقية القنوات القمرية البالغ عددها (14) قناة فإنها تعمل بطاقة أقل مقدارها (20) واطاً باستخدام صمام تكبير الموجة المتنقلة أيضاً.

تعمل منظومة جستار على توفير الاتصالات المسموعة المرئية ونقل البرامج التلفزيونية مباشرة إلى الدور السكنية للمواطنين. ويلاحظ أن منظومة جستار تستخدم أقماراً اصطناعية مشابهة لأقمار منظومة سيسنت الموضحة في الشكل (2-9).

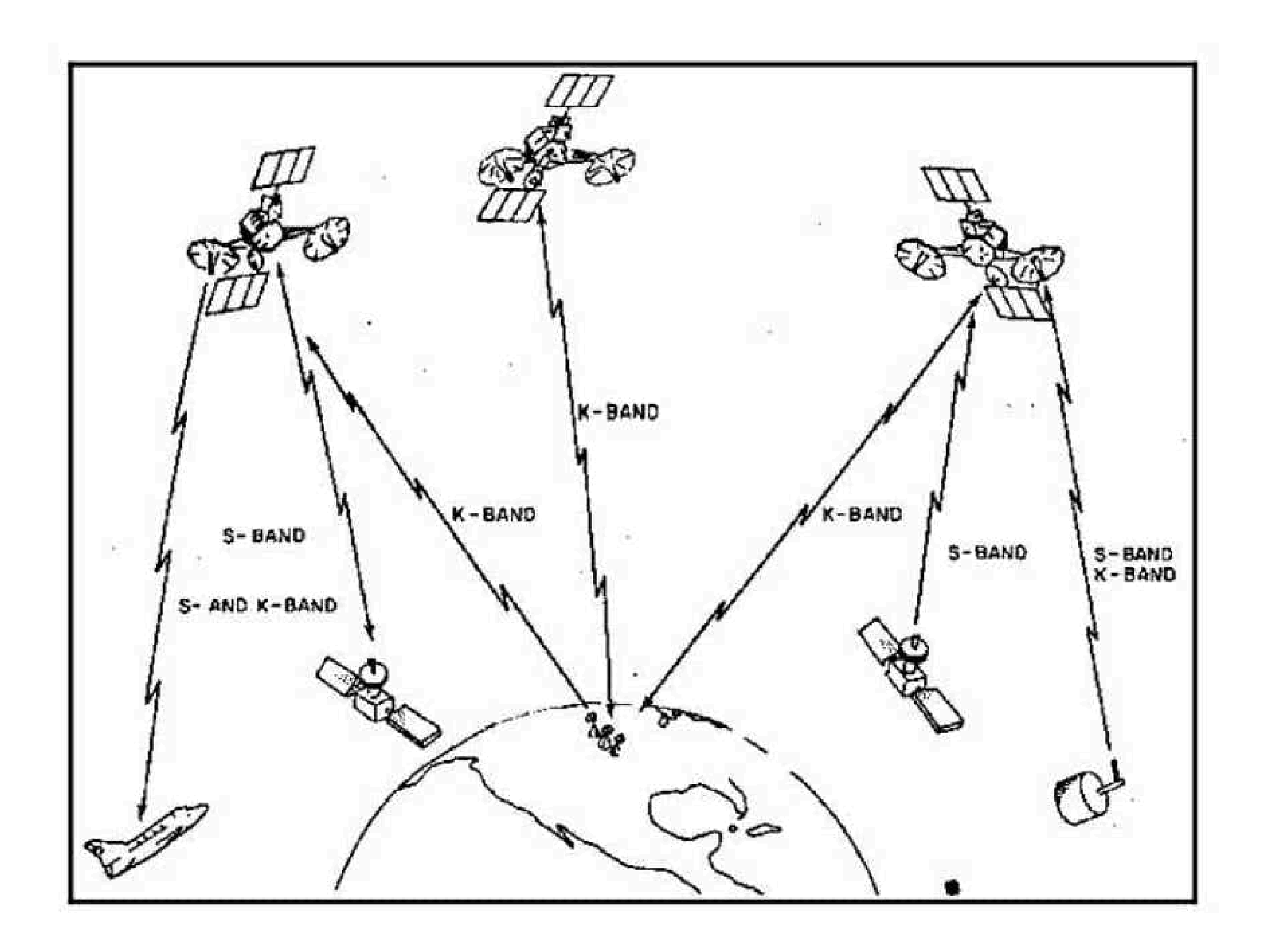
**8- منظومة جالكسي (GALAXY)**

تتكون منظومة جالكسي من ثلاثة أقمار اصطناعية مشابهة لأقمار منظومة تيل ستار الموضحة في الشكل (2-8)، تعمل هذه الأقمار الاصطناعية ضمن النطاق الترددي (2) (6/4) كيكاهيرتز وتوفر خدمات الاتصالات والبث التلفزيوني للدوائر المشتركة.

**9- منظومة ناسا (NASA)**

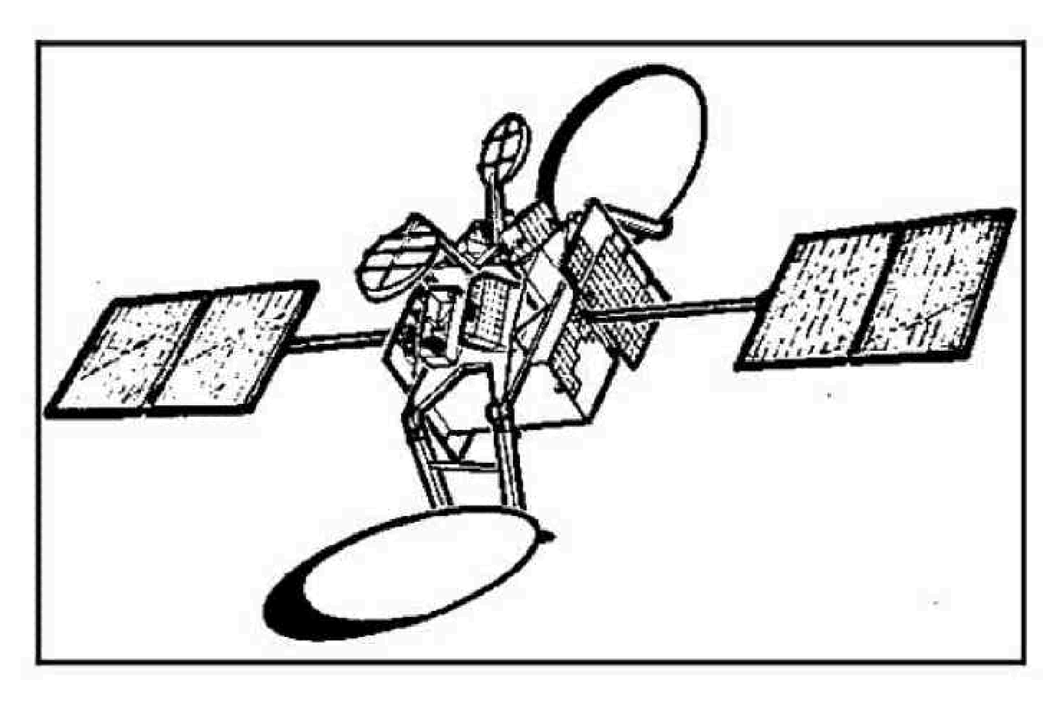
تعتبر كلمة ناسا تعبيراً مختصراً عن وكالة الفضاء والطيران الأمريكية التي نظمت برنامجاً فضائياً في عام (1983) بعرف بمنظومة الأقمار الاصطناعية لترحيل المعلومات والمراقبة (TDRSS) والتي تعمل ضمن نطاقين ترددين (5) (2) كيكاهيرتز و (Ku) (14/12) كيكاهيرتز. تقوم هذه المنظومة بتأمين الاتصالات بينها وبين الأقمار الاصطناعية والمكوكات الفضائية التي تدور في المدارات القريبة من الأرض لغرض مراقبتها وتحديد مداياتها واتجاهاتها إضافة إلى تأمين الاتصال مع المحطات الأرضية الخاصة بهذه المنظومة.

تتكون منظومة (TDRSS) من ثلاثة أقمار اصطناعية تدور في المدار الاستوائي المتزامن. أحدهما يقع في جهة الشرق والآخر في جهة الغرب أما القمر الاصطناعي الثالث الذي يقع بينهما فإنه يُعد احتياطياً كـما موضح في الشكل (2-10).




**شكل (2-10) منظومة (TDRSS) التابع لمنظومة ناسا.**

أطلقت وكالة تناسا قمراً اصطناعية اسمه ألتس (ACTS) عـام (1988) والـذي يعمـل بتقنيـة الحزم النقطية ضمن النطاق الترددي (Ka) (30/20) كيكاهيرتز والموضحة صورته في الشكل (2-11).



شكل (2-11) القمر الاصطناعي اكتس (ACTS) ضمن منظومة ناسا.

**10- منظومة الاتصالات الدفاعية (DSCS)**

تأسست منظومة الاتصالات الدفاعية عام (1966) وتعمل هذه المنظومة ضمن حزمة (X) (8/7) كيكاهيرتز. يمتاز الجيل الأول من الأقمار الاصطناعية لهذه المنظومة بخفة الوزن البالغ (45) كيلوغرام وكان الجيل الأول يقوم بترحيل الإشارات المسموعة وإشارات الطوارئ والبيانات الرقمية الخاصة بالحاسبات والطباعة اللاسلكية.

دخل الجيل الثاني من الأقمار الاصطناعية التابعة للمنظومة الدفاعية إلى مجال العمل في عام (1971) وكان وزن القمر (619) كيلوغراماً وذات سعة أكبر من الجيل الأول، واعتمد الجيل الثاني في عمله على تقنية الحزم النقطية، لتأمين الاتصال بينها وبين المحطات الأرضية الصغيرة، بينما يلاحظ أن وزن القمر الاصطناعي التابع للجيل الثالث في هذه المنظومة يبلغ (1125) كيلوغرام وعمره التصميمي يصل إلى (10) سنوات.

تمتاز القنوات القمرية الرئيسية في هذا القمر بأن كل قناة رئيسة تتضمن (6) قنوات ثانوية كما أن هذا القمر الاصطناعي مزوداً بثلاث هوائيات استلام

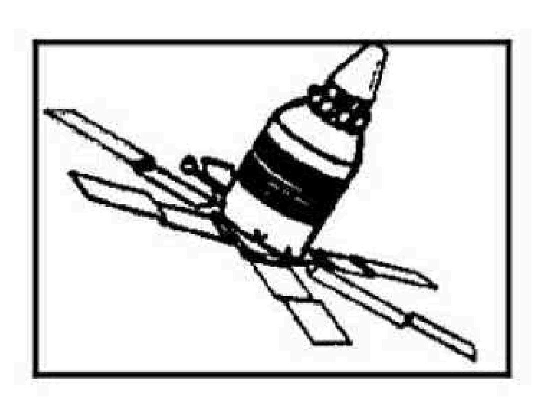
الكترونية خاصة بالحزم المتعددة التغطية لتغطية أي منطقة كانت أو لتغطية سطح الأرض حيث أن هوائيات الاستلام مزودة بـ (61) حزمة تغطية مضادة للتشويش وجدير بالذكر أن هوائيا الإرسال والاستلام من النوع البوقي الصغير.

**2-2-2 المنظومات المحلية في الاتحاج السوفيتي (سابقاً)**

يمتلك الاتحاد السوفييتي سابقاً منظومات محلية عديدة للأقمار الاصطناعية وهي كما يلي:

**1- منظومة مولنايا (MOLNIYA)**

بدأ الاتحاد السوفييتي العمل في برامج الفضاء والأقمار الاصطناعية في عام (1965) حيث أطلق في هذا العام أول قمر اصطناعي من نوع مولنايا الموضح في الشكل (2-12) والذي يعمل ضمن النطاق الترددي (2) ونطاق الموجات فوق العالية (UHF) تستخدم هذه المنظومة لتوفير خدمات الهاتف وبرامج الراديو والتلفزيون والتلغراف والفاكسمايل وذلك عن طريق الاتصال بمحطتين رئيسيتين أحداها تقع في العاصمة موسكو والأخرى في فلا دفوستوك وتوزع الإشارات على حوالي (100) محطة أرضية. وفي عام (1974) تم إطلاق القمر الاصطناعي مولنايا (3) الذي يعمل ضمن نطاق الموجات فوق العالية (UHF) .



**شكل (2-12) القمر الاصطناعي مولنايا**

**الذي أطلق عام (1965) إلى مداره.**

**2- منظومة رادوكا (RADUGA)**

دخلت الأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة رادوكا إلى الخدمة عام (1975) وهي تدور في المدار الاستوائي المتزامن وتعمل ضمن النطاقين الترددين (X) و (2) وقد استخدمت هذه المنظومة للاتصالات البحرية إضافة إلى الأغراض العسكرية وأطلق هذا القمر إلى مداره بواسطة الصاروخ السوفيتي بروتون (D).

**3- منظومة أيكران (EKRAN)**

أطلق القمر الاصطناعي أيكران عام (1976) إلى الاستوائي المتزامن بواسطة الصاروخ بروتون (D) ويعمل القمر ضمن النطاق الترددي (2) ونطاق الموجات فوق العالية (UHF). تستخدم منظومة أيكران لتوفير الاتصالات وهي موجهة إلى مركز منطقة سيبيريا وتؤمن الاتصال مع أكثر من (1500) محطة أرضية.

**4- منظومة كوريزونت (GORIZONT)**

دخلت هذه المنظومة إلى مجال العمل في عام (1978) وهي تعمل ضمن النطاقين الترددين (X) و (2) وأطلق بواسطة الصاروخ بروتون (D) إلى المدار الاستوائي المتزامن تستخدم هذه المنظومة للأغراض العسكرية.

**5- منظومة لوتش (LOUTCH)**

وهي من المنظومات المخطط لها ضمن البرامج الفضائية للاتحاد السوفييتي سابقاً وهي تعمل ضمن النطاق الترددي (KU).

**6- منظومة كالس (GALS)**

تستخدم منظومة كالس للأغراض العسكرية وهي تعمل ضمن النطاق الترددي (X) .

7- منظومة فولنا (VOLNA)

تستخدم هذه المنظومة للاتصالات البحرية وهي تعمل ضمن ثلاثة أنطقة ترددية مختلفة وهي (L) ونطاق الترددات العالية (UHF) ونطاق الترددات فوق العالية (UHF).

3-2-2 المنظومة المحلية في اليابان

أبدت اليابان نشاطاً كبيراً في مجال الأقمار الاصطناعية التجريبية حيث أطلقت في عام (1977) قمراً اصطناعياً تجريبياً لغرض الاتصالات يعرف (CS) وأطلق في عام (1978) قمراً تجريبياً آخر اسمه (BSE) استخدم لأغراض الإذاعة والتلفزيون وقامت مؤسسة الهاتف والتلغراف اليابانية باستغلال خدمات القمر الاصطناعي (CS-2) للاتصالات المحلية والتجارية واستمراراً للبرامج الفضائية التي تبنتها اليابا أطلق في عام (1979) قمراً اصطناعياً يعرف (ECS) استخدم لأغراض الاتصالات كما وأطلق في شباط من عام (1983) قمراً اصطناعياً اسمه (CS-2a) وأطلق في آب من العام نفسه القمر (CS-2b) وذلك باستخدام الصاروخ (N-11) المطور من قبل وكالة الفضاء اليابانية ناسداً (NASDA) ومن الناحية الفنية فإن كل قمر من هذين القمرين يضم (8) قنوات، ستة منها تعمل ضمن النطاق الترددي (Ka) (30/20) كيكاهيرتز بينما تعمل القناتان الباقيتان ضمن النطاق (2) (6/4) كيكاهيرتز. والجدير بالملاحظة أن هذه المنظومة اليابانية مصممة للاتصالات الرقمية بحيث تعمل بمعدل (65) ميكابت خلال الثانية أو (100) ميكابت خلال الثانية.

ثم في عام (1984) إطلاق أول قمر اصطناعي ياباني من نوع (BS-2) مزود بقناتين ذات حزمة عرضها (27) ميكاهيرتز يستخدم لنقل برامج الإذاعة والتلفزيون الملون، ويعتمد في عمله على صمام تكبير الموجات المتنقلة بطاقة قدرها (100) واط، علماً أن عمره التصميمي أمده (5) سنوات.

يمتاز هذا القمر بإمكانية تسلّم البرامج التلفزيونية منزلياً وبشكل مباشر من القمر وذلك باستخدام هوائي منزلي ذي قطر قدره (75) سنتيمتر.

### 4-2-2 المنظومة المحلية في المملكة المتحدة

أسّست المملكة المتحدة في عام (1983) منظومة للأقمار الاصطناعية متعددة الإرسال عرفت بمنظومة يوني سات (UNISAT) وكان القمر الاصطناعي التابع لهذه المنظومة مجهزاً بقناتين للإرسال المباشر وتعملان بطاقة قدرها (240) واطاً باستخدام صمام تكبير الموجه المتنقلة بحيث مكّن المواطن من استلام البرامج بشكل مباشر من القمر يوني سات عن طريق هوائيات منزلية ذات قطر قدره (0.9) متر مما دفع هيئة الإذاعة البريطانية (BBC) إلى استغلال هاتين القناتين لبث برامجها. ويتضمن هذا القمر أيضاً (6) قنوات ذات حزمة عرضها (36) ميكاهيرتز وتعمل ضمن النطاق الترددي (K) (14/12) كيكاهيرتز، حيث تستخدم هذه القنوات لخدمات الأعمال ونقل المعلومات والمكالمات وغيرها وتمتاز منظومة يوني سات بإمكانية تغطية أوروبا وشرق الولايات المتحدة وكندا باستخدام حزم مرسلة ومستقبلة.

### 5-2-2 المنظومة المحلية في فرنسا

أنشأت فرنسا منظومة محلية للأقمار الاصطناعية عرفت بمنظومة تلي- كوم (1) (TELECOM-1) حيث ثم إطلاق أول قمر اصطناعي تابع لهذه المنظومة في آب من عام (1984) بواسطة الصاروخ الأوروبي أريان (3) تستخدم منظومة تلي- كوم (1) لتوفير خدمات نقل المعلومات والفاكسمايل ونقل البرامج المرئية والمسموعة.

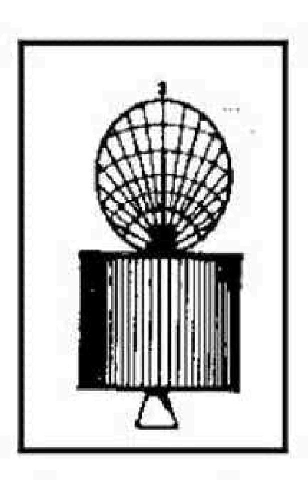
تتضمن هذه المنظومة ثلاثة أنطقة ترددية مختلفة وهي (Ku) (14/12) كيكاهيرتز و (2) (6/4) كيكاهيرتز و (X) (8/7)كيكاهيرتز يتكون النطاق (Ku) من (6) قنوات قمرية ذات حزمة عرضها (36) ميكاهيرتز وذات قدرة (20) واط باستخدام صمام تكبير الموجة المتنقلة. كما أن النطاق (2) يتكون من (4) قنوات قمرية، ثنتان منها ذاتا حزمة عرضها(40) ميكاهيرتز والأخرى ذات حزمة عرضها (120) ميكاهيرتز وكلاهما يعملان بطاقة قدرها

(8.5) واط بينما يتكون النطاق الترددي (K) من قناتين فقط يبلغ عرض حزمتهما (40) ميكاهيرتز.

قامت فرنسا بالتعاون مع ألمانيا الاتحادية بإنشاء مشروع مشترك للنقل المباشر للبرامج الراديوية والتلفزيونية لكلا البلدين وذلك باستخدام قمرين اصطناعين أحدهما ألماني من نوع (TVSAT) والآخر فرنسي من نوع (TDFI) أطلقا بواسطة الصاروخ أريان (2) يمتاز هذان القمران بأن طاقة الإرسال لكل منها وللقناة الواحدة تبلغ (230) واطاً وأن أحد العمر التصميمي لكل قمر هو (7) سنوات.

### 6-2-2 المنظومة المحلية في كندا

تأسست المنظومة المحلية للأقمار الاصطناعية في كندا عام (1973) وتحت اسم منظومة أنيك (ANIK) توفر هذه المنظومة الاتصالات المسموعة والمرئية ونقل البيانات والرسائل وخدمات التسجيل والهاتف يوضح الشكل (2-13) صورة الجيل الأول (أنيك - A) من هذه المنظومة والذي يعمل ضمن النطاق الترددي (2) (6/9) كيكاهيرتز وفيه (12) قناة قمرية ذات حزمة عرضها (36) ميكاهيرتز.



شكل (2-13) الجيل الأول من أقمار منظومة أنيك (ANIK-A)

يوضح الجدول (2-ز) المواصفات الفنية لأجيال الأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة أنيك.

**المواصفات الفنية للأقمار الاصطناعية لمنظومة أنيك (ANIK)**

| ت | المواصفات الفنية | الجيل الأول | | | الجيل الثاني | الجيل الثالث | | | الجيل الرابع | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A-1 | A-2 | A-3 | B-1 | C-1 | C-2 | C-3 | D-1 | D-2 |
| 1 | تاريخ الإطلاق | 1972 | 1973 | 1975 | 1978 | 1984 | 1983 | 1982 | 1982 | 1984 |
| 2 | التردد المستخدم (كيكاهيرتز) | 6/4 | | | 6/4<br>14/12 | 14/12 | | | 6/4 | |
| 3 | عدد القنوات | 12 | | | 12<br>4 | 16 | | | 24 | |
| 4 | عرض الحزمة (ميكاهيرتز) | 36 | | | 36<br>72 | 54 | | | 36 | |

**جدول (2-ز)**

### 2-2-7 المنظومة المحلية في أندونيسيا

تعد أندونيسيا من الدول النامية حيث يبلغ تعدادها السكاني حوالي (250) مليون نسمة تتألف مساحتها من (13677) جزيرة موزعة على خط الاستواء. لذا فإن عملية تأمين الاتصالات بين هذا العدد الهائل من الجزر بواسطة وصلات المايكروويف أو الكيبلات البحرية تكون باهظة التكاليف وغير اقتصادية.لذا

قررت أندونيسيا في عام (1975) استخدام تقنية الأقمار الاصطناعية لتأمين اتصالاتها المختلفة وعلى أثر ذلك تم الاتفاق مع مؤسسة هيوز الأميريكية لتصنيع قمرين اصطناعيين من صنف أقمار منظومة تيل ستار الموضحة في الشكل (B-2) مع محطة رئيسية وتسعة محطات ثانوية وقد سميت منظومة الأقمار الاصطناعية الأندونيسية باسم بلفا (PALAFA) توفر منظومة بلفا خدمات الهاتف والتلكس وتوزيع البرامج التلفزيونية وقد بدأت المنظومة عملها بأربعين محطة أرضية وتزايد عددها حتى وصل في عام (1984) إلى حوالي (230) محطة أرضية.

يوضح الجدول (2-2) المواصفات الفنية للأقمار الاصطناعية التابع لمنظومة بلفا.

**المواصفات الفنية لمنظومة بلفا (PALAFA) الأندونيسية**

| ت | المواصفات الفنية | الجيل الأول<br>بلفا - A | الجيل الثاني<br>بلفا - B |
|---|---|---|---|
| 1 | تاريخ الإطلاق | 8-8-1976<br>10-3-1977 | 18-6-1983<br>3-2-1984 (فشل) |
| 2 | منظومة الإطلاق | الصاروخ دلتا 2914 | المكوك الفضائي |
| 3 | القمر التصميمي (سنة) | 7 | 8 |
| 4 | الوزن (كغم) | 297 | 628 |
| 5 | الترددات المستخدمة كيكاهيرتز | 6/4 | 6/4 |

**جدول (2-2)**

### 2-2-8 المنظومة المحلية في ألمانيا الاتحادية (سابقاً)

قامت ألمانيا الاتحادية بالتعاون مع فرنسا بإنشاء منظومة للأقمار الاصطناعية تعرف تيفي سات (TVSAT) خاصة بالبث التلفزيوني وذات خمس قنوات تعمل ضمن نطاقين ترددين (K) و (Ku) والموضحة مواصفاتها الفنية في الجدول (2-ط) وهنالك منظومة أخرى للأقمار الاصطناعية مخططاً لها تعرف بمنظومة بوست سات (POSTSAT) عام (1986) وتعمل ضمن نفس النطاقين الترددين (K) و (Ku) .

**المواصفات الفنية لمنظومة تيفي سات (TVSAT)**

| ت | المواصفات الفنية | القمر الاصطناعي (TVSAT) |
|---|---|---|
| 1 | العمر التصميم (سنة) | 7 |
| 2 | منظومة الإطلاق | الصاروخ أريان (2) |
| 3 | الترددات المستخدمة (كيكاهيرتز) | (17.7 18.10) وصلة صاعدة<br>(11.7 -12.1) وصلة نازلة |
| 4 | طاقة كل قناة (واط) | 230 |
| 5 | الطاقة الكهربائية المولدة (واط) | 3230 |
| 6 | وزن القمر (كغم) | 1000 |
| 7 | الوزن عند الإطلاق (كغم) | 2060 |

جدول (2-ط)

### 2-2-9 المنظومة المحلية في البرازيل

تم إطلاق أول قمر اصطناعي برازيلي في شهر شباط من عام (1985) وعرف باسم برازيل سات (BRAZILSAT) بواسطة الصاروخ الأوروبي أريان.

يتضمن هذا القمر (24) قناة تعمل ضمن النطاق الترددي (2) (6/4) كيكاهيرتز.

ومن حيث التصميم يتشابه القمر الاصطناعي برايل سات مع القمر الاصطناعي إنيك (D) وهو من منتجات مؤسسة هيوز الأميركية ويوفر هذا القمر الاتصالات المسموعة والمرئية ونقل المعلومات للبرازيل.

### 2-2-10 المنظومة المحلية في الهند

أطلق أول قمر اصطناعي هندي في 10 نيسان من عام (1982) عرف باسم أن سات- AI (INSAT- 1A) ولكن محاولة إطلاقه إلى مداره بشكل دقيق قد فشلت واستيعض عنه بقمر اصطناعي آخر أن سات (B1) الذي أطلق بنجاح في أيلول من عام (1983) وعلى متن المكوك الفضائي يستخدم هذا القمر للاتصالات البعيدة كالتلغراف ونقل المعلومات والفاكسمايل ونقل البرامج الإذاعية والتلفزيونية المباشرة ومراقبة القياسات الأرضية.

### 2-2-11 المنظومات المحلية في دول أخرى

تعتبر إيطاليا من الدول المهتمة ببرامج الفضاء حيث خططت على إطلاق القمر الاصطناعي إيطال سات (ITALSAT) في منتصف عام (1988) والمزود بستة حزم نقطية منفصلة تعمل ضمن النطاق الترددي (Ka) (20/ 30) كيكاهيرتز والتي تضمن تغطية إيطاليا بكاملها.

وهنالك منظومات محلية أخرى مخطط لها أو منجزة تعمل في الفضاء كمنظومة أوسل سات (AUSSAT) الخاصة بتوفير الخدمات لأستراليا ومنظومة سات كول (SATCOL) الخاصلة بتوفير خدماتها لكولومبيا والتي تعمل ضمن النطاقين الترددين (2) و (Ku) . إضافة إلى منظومة موريلوس (MORELOS) الخاصة بتوفير الاتصالات للمكسيك وغيرها من المنظومات. ومن جهة أخرى فإن بعض الدول قد استأجرت قناة قمرية كاملة من المنظومة الدولية أنتل سات وذلك لتوفير الخدمات لمواطنيها.

# الفصل الثالث

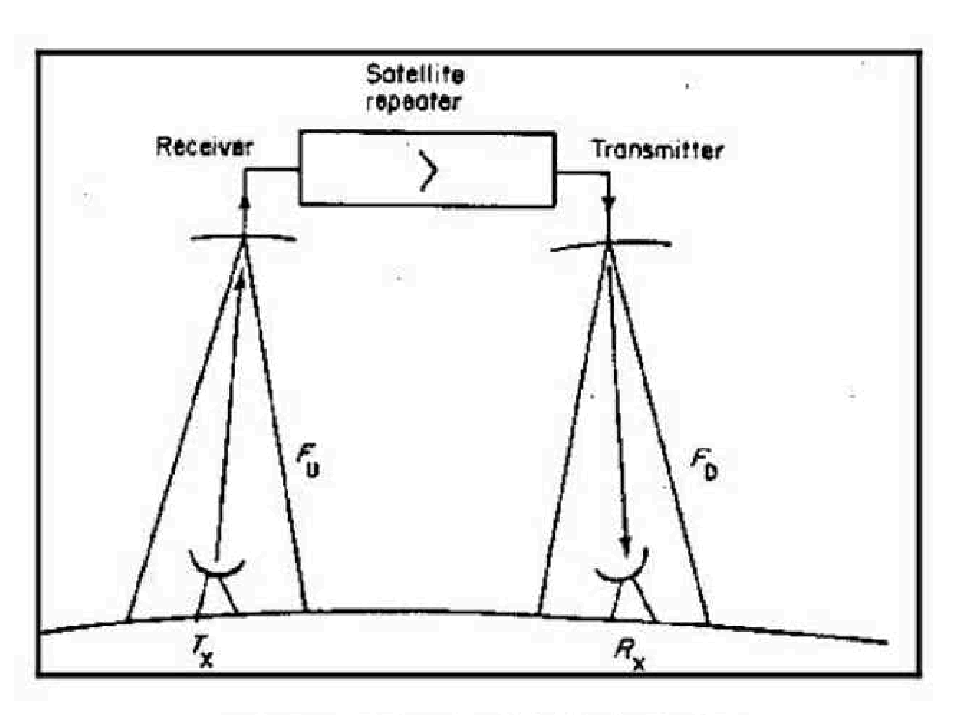
# شبكات الاتصالات للأقمار الاصطناعية

# الفصل الثالث

# شبكات الاتصالات للأقمار الاصطناعية

### 1-3 شبكة اتصالات ذات طريق واحد

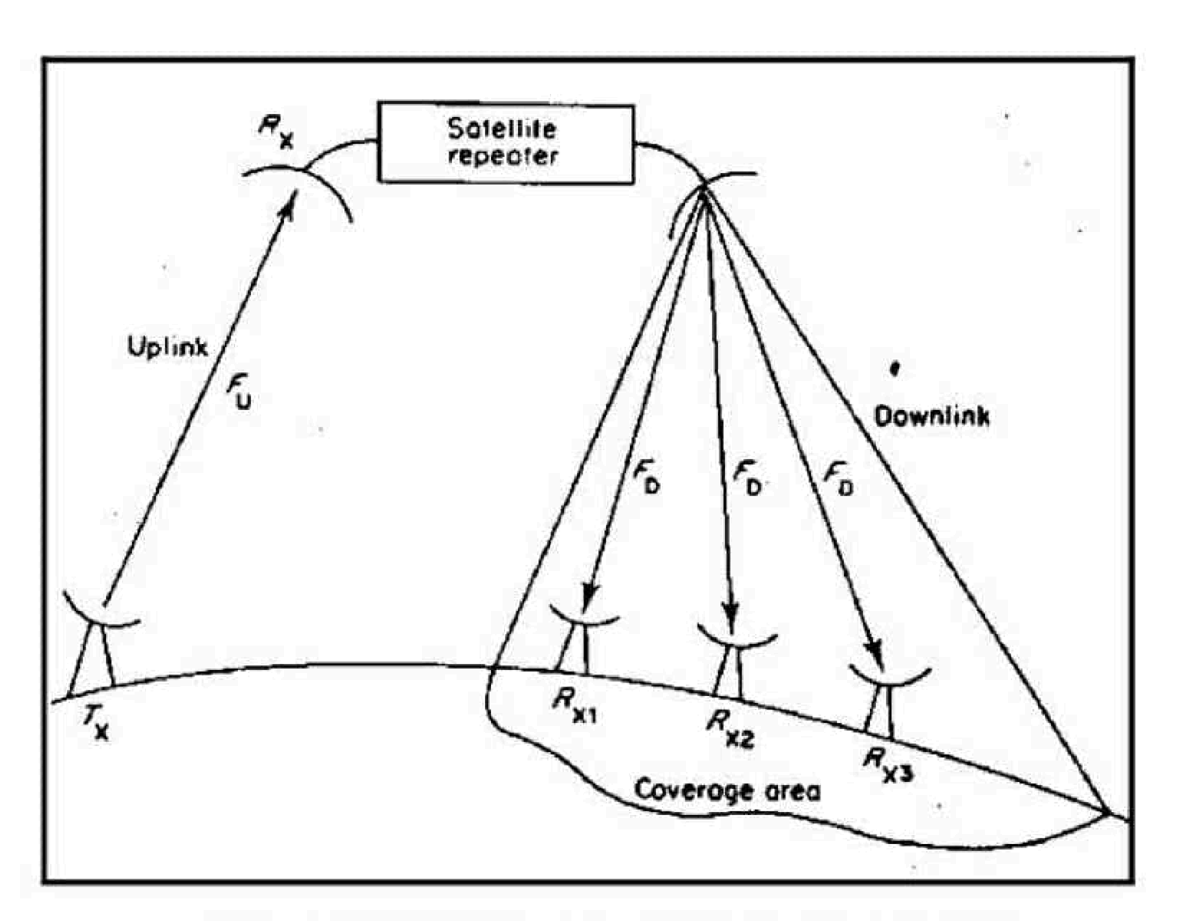
يوضح الشكل (3-1) شبكة اتصالات ذات طريق واحد ابتداء بمحطة الإرسال الأرضية (TX) ومنها إلى القمر الاصطناعي وانتهاءً بمحطة الاستلام الأرضية (RX) تكون مثل هذه الشبكة سهلة التصميم نسبياً، لأن القمر الاصطناعي المستخدم يكون ذو مكرّر واحد (RePeater) ومزود بهوائيين أحدهما للاستلام والآخر للإرسال، ويفترض في هذه الشبكة أن يكون إدخال المكرر معزولاً عن إخراجه في حالة كون الإرسال والاستسلام مستمرين وذلك باستخدام ترددين مختلفين عن بعضهما، (Fu) الذي يمثل تردد الوصلة الصاعدة (أرض- قمر) و (FD) يمثل تردد الوصلة النازلة (قمر - أرض).




شكل (3-1) شبكمة اتصالات ذات طريق واحد

### 2-3 شبكة اتصالات ذات طريق واحد خاصة بالبث الإذاعي والتلفزيوني.

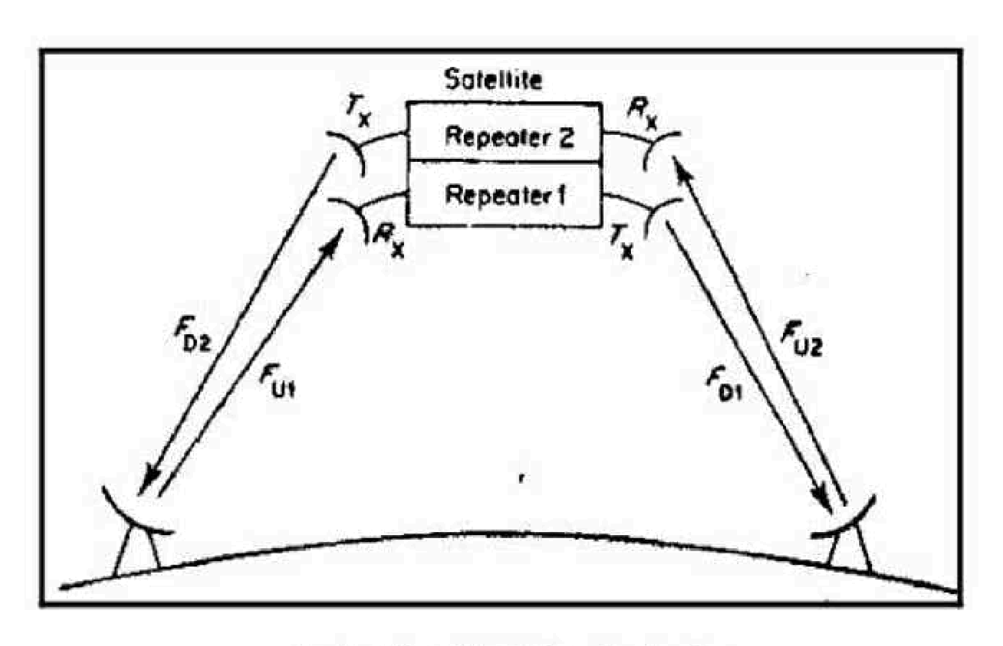
يمكن استخدام القمر الاصطناعي للبث الإذاعي والتلفزيوني وذلك عن طريق استلام البرامج من محطة الإرسال الأرضية (TX) ومن ثم إعادة إرسالها إلى عديد من محطات الاستلام الأرضية (RX, RX2, RX3) كما موضح في الشكل (3-2) فإذا كانت محطة الإرسال (TX) بعيدة عن محطات الاستلام الأرضية، يستوجب استخدام هوائيين في القمر الاصطناعي أحدهما للإرسال والآخر للاستلام، أما إذا كانت محطة الإرسال قريبة من محطات الاستلام الأرضية فإن استخدام هوائي واحد يكفي لاستلام البرامج وإرسالها في آن واحد. وقد جرت العادة على عزل إدخال القناة القمرية عن إخراجها وذلك بواسطة جهاز مزدوج الدخل يعرف بالديليكسر (Duplexer) مع استخدام مرشحات منغمة على الترددين Fu و FD.




شكل (3-2) شبكة اتصالات ذات طريق واحد خاصة بالبث الإذاعي والتلفزيوني

### 3-3- شبكة اتصالات ذات طريقين

يمكن مضاعفة مكونات القمر الاصطناعي ذي الطريق الواحد لتحويله إلى قمر اصطناعي ذي طريقين بحيث يتضمن مكررين بدلاً من مكرر واحد ووصلتين صاعدة (Fu, Fu2) إضافة إلى وصلتين نازلتين (FD, FD2) وهنا يصبح عدد الترددات المستخدمة أربعة (Fu1, Fu2, FD1, FD2) وباستخدام أربعة هوائيات للإرسال والاستلام كما موضح في الشكل (3-3).

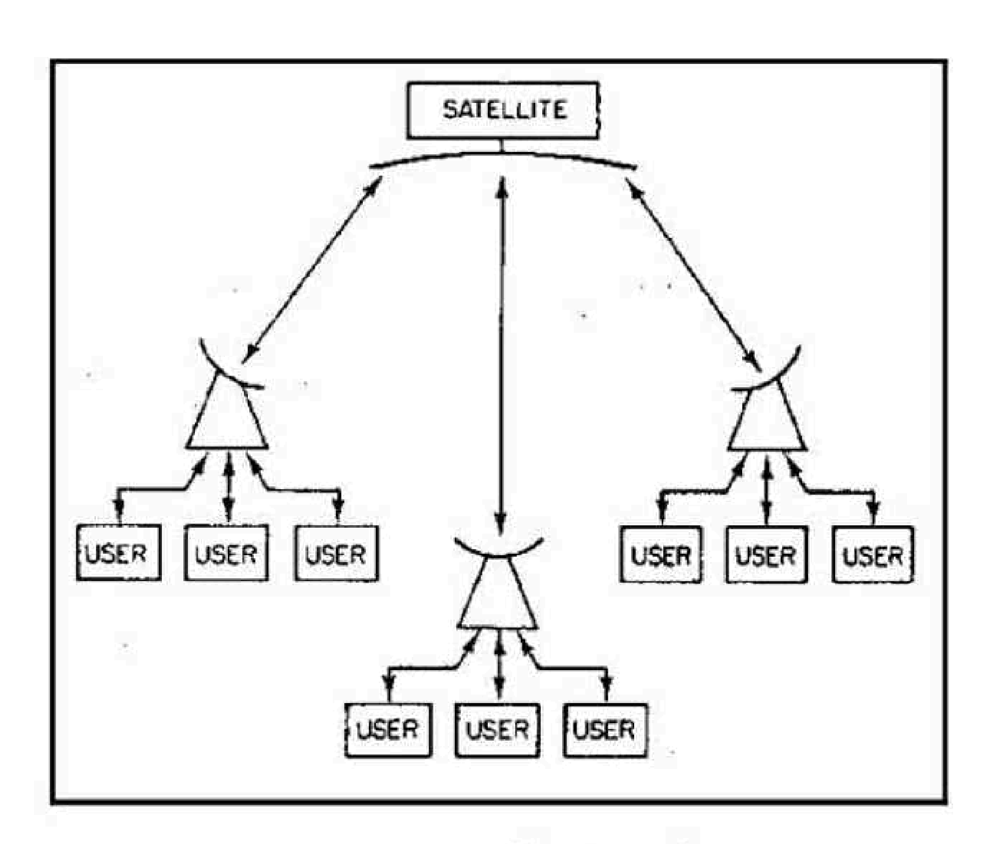



شكل (3-3) شبكة اتصالات ذات طريقين

عندما تكون المحطتان الأرضيتان قريبتان من بعضهما يمكن استخدام هوائيين فقط أحدهما للإرسال (TX) والآخر للاستلام (RX) ويمكن أيضاً الاستعاضة بالمكررين الموجودين في القمر الاصطناعي بمكرر واحد فقط ذي حزمة أوسع عرضا كما ويمكن استخدام هوائي واحد في هذه الشبكة وذلك بالاعتماد على استعمال جهاز مزدوج الدخل (الديليكسر).

### 4-3 شبكة الاتصالات المتعددة

يمكن تحويل شبكة اتصالات ذات طريقين إلى شبكة الاتصالات المتعددة بسهولة وذلك إما بزيادة عدد القنوات القمرية في القمر الاصطناعي أو زيادة عرض حزمة القناة المستخدمة في القمر الاصطناعي وتجهيز هذه القناة بتقنية الاتصال المتعدد وذلك لتلبية الاتصالات المتعددة المطلوبة وعلى هذا الأساس سيعمل القمر الاصطناعي على تقسيم الوقت بين عدد من المحطات الأرضية حيث أن وحدة الزمن فترة الاتصال لمرة واحدة وجدير بالملاحظة أن منظومة الانتلسات (الجيل الثاني) قد اعتمدت على هذه التقنية لضمان الاتصال المتبادل بين القمر الاصطناعي والمحطات الأرضية للمشتركين (USERS) كما موضح في الشكل (3-4).




شكل (3-4) شبكة الاتصالات المتعددة

# الفصل الرابع

# المدارات الفضائية للأقمار الاصطناعية

# الفصل الرابع

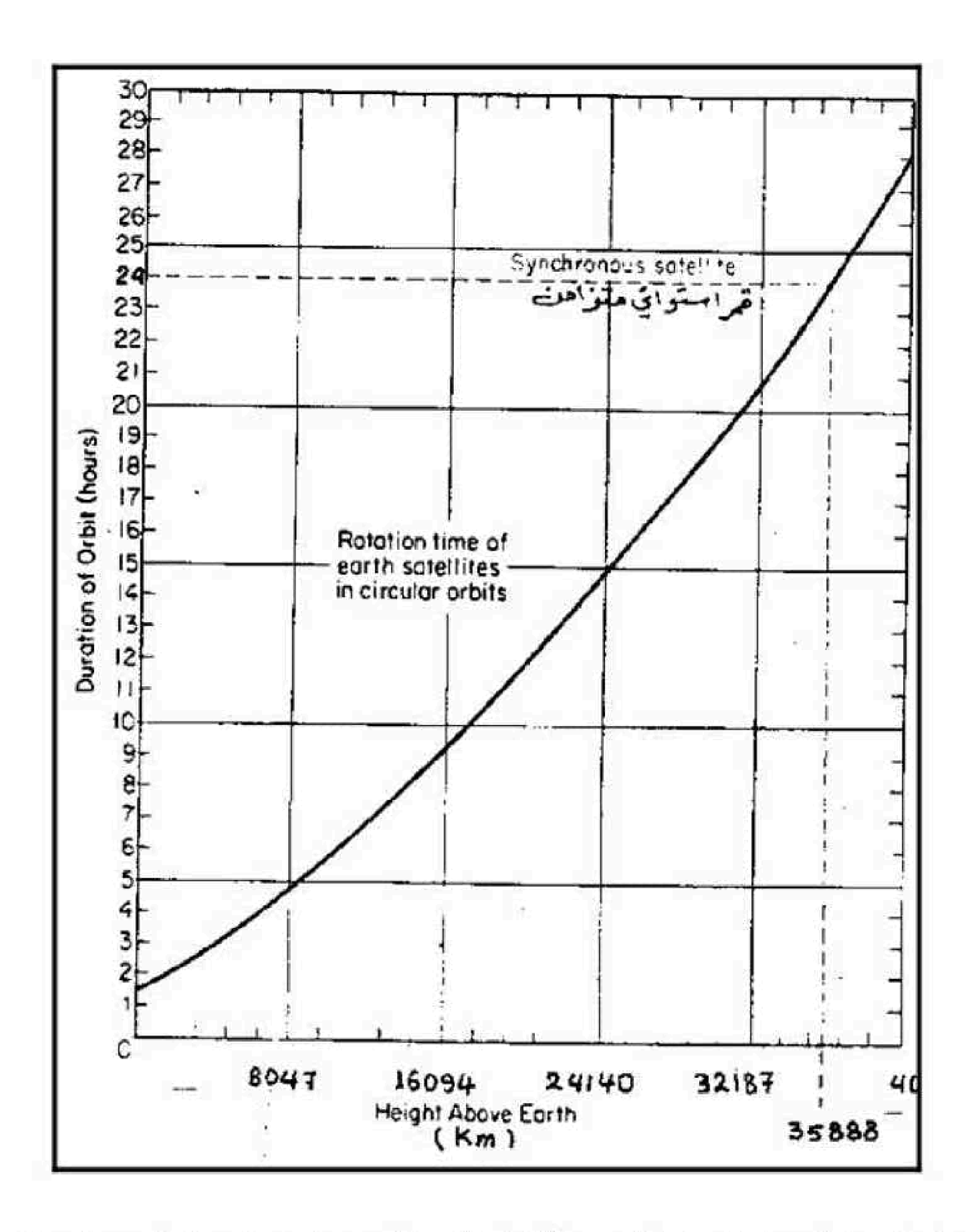
# المدارات الفضائية للأقمار الاصطناعية

**1-4 دوران القمر الاصطناعي في مداره**

أن الذي يجعل القمر الاصطناعي معلقاً في الفضاء دون سقوطه إلى الأرض أو خروجه من المدار هو تساوي القوة الطاردة المركزية الناشئة من دوران القمر الاصطناعي حول الأرض مع قوة جاذبية الأرض له بحيث يبقى القمر متزناً في مداره ويلاحظ أن القمر الاصطناعي الموجود في مدار قريب من الأرض يعاني من جاذبية أرضية عالية، لذا يستوجب أن يدور بسرعة عالية لكي تتساوى الجاذبية الأرضية مع القوة الطاردة المركزية له ويبقى متزناً في مداره. إن مثل هذه الأقمار الاصطناعية تدور بسرعة عالية تقدر بحوالي (28163.57) كيلومتر خلال الساعة أي أنها تدور حول الكرة الأرضية بزمن مقداره ساعة ونصف تقريباً، بينما يلاحظ أن الأقمار الاصطناعية التي تدور حول الأرض بسرعة مقدارها (11070.69) كيلومتر خلال الساعة أي أنها تدور حول الأرض بزمن مقداره (24) ساعة أي أنها تدور مع دوران الأرض وبنفس سرعتها فهي تبدو من سطح الأرض وكأنها ثابتة في المدار.

يوضح الشكل (4-1) العلاقة بين الزمن الذي يستغرقه القمر الاصطناعي للدوران حول الأرض دورة كاملة، وبين ارتفاع المدار الذي يدور فيه. ويلاحظ أن المدار الذي ارتفاعه (35888) كيلومتراً يكون مخصصاً للأقمار الاصطناعية التي تدور حول الأرض بنفس سرعة دوران الأرض أي بزمن أمده (24) ساعة مثل الأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة الأنتل سات. وفي هذه الحالة التي يدور فيها القمر الاصطناعي حول الأرض بنفس اتجاه وسرعة دوران الكرة الأرضية، فإن القمر الاصطناعي سيبدو من سطح الأرض وكأنه ثابت في الفضاء ويعرف هذا

المدار بالمدار الاستوائي المتزامن، كما تعرف الأقمار الاصطناعية التي تدور في هذا المدار بالأقمار الاستوائية المتزامنة.



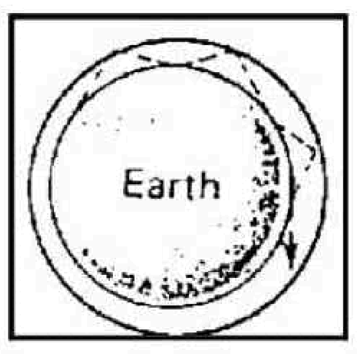

شكل (4-1) العلاقة بين ارتفاع المدار (المحور الأفقي) والزمن الذي يستغرقه القمر الاصطناعي للدوران حول الأرض دورة كاملة (المحور العمودي).

## 2-4- أنواع المدارات الفضائية المستخدمة للأقمار الاصطناعية

يوجد ثلاثة أنواع من المدارات الفضائية المستخدمة للأقمار الاصطناعية هي:

### 1- المدار الدائري الواطئ:

يتراوح ارتفاع هذا المدار بين (160.93) إلى (482.80) كيلومتراً ويستغرق القمر الاصطناعي للدوران في هذا المدار حول الكرة الأرضية زمناً أمده ساعة ونصف لذا تكون فترة بقاء القمر الاصطناعي في خط النظر بالنسبة للمحطة الأرضية قصيرة وتقدر بربع ساعة فقط (شكل 4-2) يستخدم هذا المدار في الاتصالات المحلية كمنظومة سات كوم وقلما يستخدم هذا المدار لأغراض الاتصالات البعيدة.

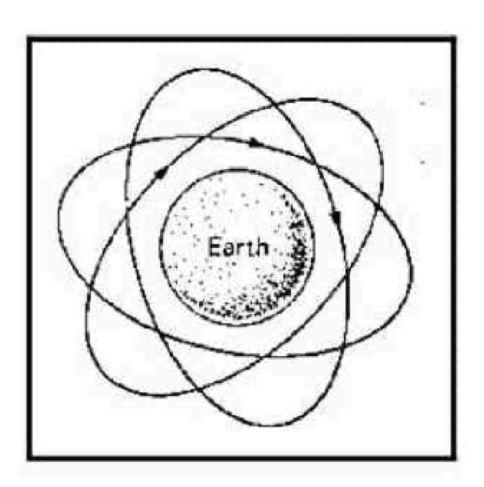



**شكل (4-2) المدار الدائري الواطئ حول الأرض.**

### 2- المدارات الإهليجية متوسطة الارتفاع

تتراوح ارتفاعات هذه المدارات بين (9656) إلى (19312) كيلو متراً ويلاحظ أن الأقمار الاصطناعية التي تدور في هذه المدارات البيضوية تستغرق زمناً أطول يتراوح بين (5) إلى (12) ساعة، لإكمال دورة كاملة حول الكرة الأرضية (شكل (4-3) ولهذا يبقى القمر الاصطناعي فترة زمنية أطول في خط النظر بالنسبة للمحطات الأرضية يتراوح بين (2) إلى (4) ساعات.

استخدم الاتحاد السوفيتي (سابقاً) المدار الإهليجي لإطلاق أقماره الاصطناعية من نوع مولنايا الخاصة بالاتصالات.



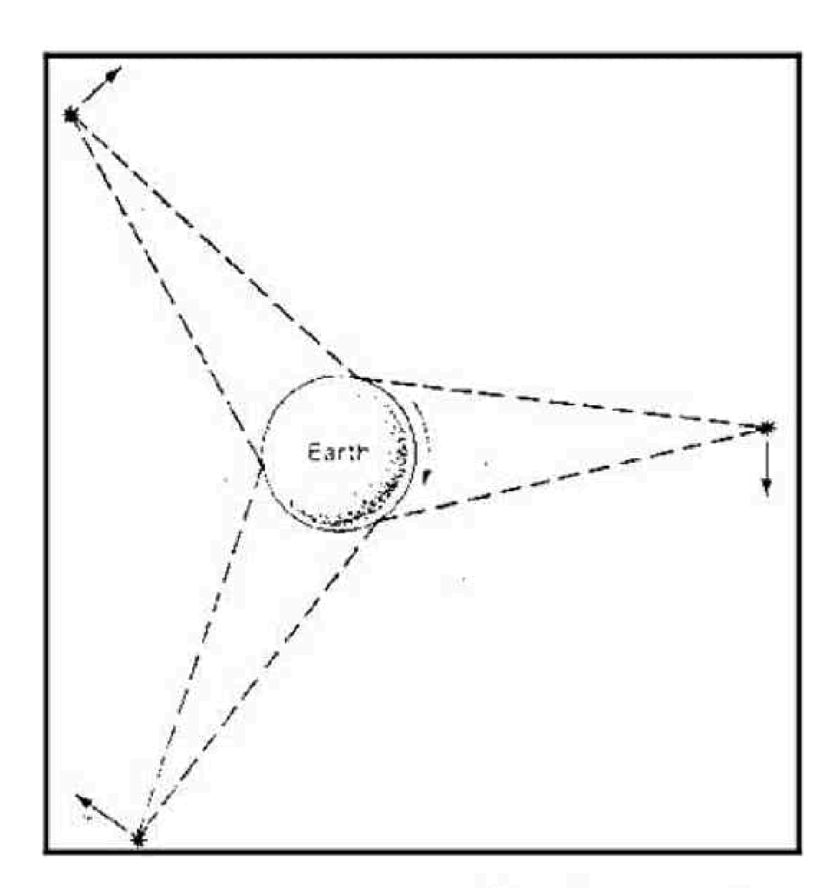

**شكل (4-3) المدارات الإهليجية حول الأرض**

**3- المدار الدائري الاستوائي المتزامن**

يبلغ ارتفاع هذا المدار حوالي (35888) كيلومتراً عن سطح الأرض، ويدور القمر الاصطناعي في هذا المدار بنفس سرعة دوران الأرض وبنفس الاتجاه أنه يستغرق زمناً أمده (24) ساعة للدوران حول الأرض. يتميز هذا المدار عن المدارات السابقة بأن القمر الاصطناعي الذي يدور فيه يكون ثابتاً في خط النظر بشكل مستمر بالنسبة للمحطات الأرضية.

استخدم هذا المدار بكثرة في الاتصالات البعيدة من قبل منظومات عديدة للأقمار الاصطناعية كمنظومة الأنتل سات والكوم سات وغيرها. ويبدو واضحاً أنه كلما كان القمر الاصطناعي يدور في مدار أعلى يصبح قادراً على تغطية مساحة أكبر من سطح الكرة الأرضية، يوضح الشكل (4-4) ثلاثة أقمار اصطناعية تابعة لمنظومة الأنتل سات تدور في المدار الاستوائي المتزامن والتي تغطي معظم سطح الكرة الأرضية باستثناء مناطق في القطبين الجنوبي

والشمالي، والجدير بالذكر أن المدار الاستوائي المتزامن يقع فوق خط الاستواء من سطح الكرة الأرضية.




**شكل (4-4) منظومة الأنتل سات في المدار الاستوائي المتزامن.**

### 4-3- مميزات المدار الاستوائي المتزامن

يتميز المدار الاستوائي المتزامن عن بقية المدارات بما يلي:

1- بقاء القمر الاصطناعي ثابتاً بالنسبة إلى هوائي المحطة الأرضية يقلل من تكاليف مراقبة وتعقب القمر الاصطناعي بواسطة الحاسبة الإلكترونية.

2- لا تقوم المحطة الأرضية التابعة للقمر الاصطناعي المتزامن بتحويل الاتصال من قمر اصطناعي إلى آخر عند ظهوره في الأفق كما هو الحال في الأقمار الاصطناعية التي تدور في المدارات الإهليجية، بل يبقى الاتصال مستمراً بين المحطة الأرضية ونفس القمر الاصطناعي المتزامن.

3- لا تحدث توقعات في الاتصال بين المحطة الأرضية والقمر الاصطناعي المتزامن لكون القمر الاصطناعي ثابتاً بالنسبة للمحطة الأرضية، بينما يلاحظ وجود فترات زمنية يتوقف فيها الاتصال بين القمر الاصطناعي الذي يدور في المدارات الإهليجية والمحطات الأرضية، وذلك عند عبور القمر الاصطناعي من خط النظر بالنسبة للمحطة الأرضية.

4- أن بعد المدار الاستوائي المتزامن قد مَكن القمر الاصطناعي الذي يدور فيه من تغطية أكبر مساحة ممكنة من سطح الكرة الأرضية، إذ يبلغ ما يغطيه القمر الاصطناعي الواحد حوالي (42.4%) من سطح الكرة الأرضية وبذلك تتهيأ الفرص أمام أكبر عدد من المحطات الأرضية للاتصال بهذا القمر الاصطناعي.

5- أن وضع ثلاثة أقمار اصطناعية في هذا المدار كمنظومة الأنتل سات، يحقق تغطية كاملة لسطح الكرة الأرضية باستثناء المناطق القطبية.

6- إن ثبات القمر الاصطناعي المتزامن بالنسبة إلى المحطة الأرضية قد خفف الكثير من التعقيدات الموجودة في أجهزة الاستلام الخاصة بالمحطات الأرضية التابعة للأقمار الاصطناعية المتحركة، وذلك بسبب ظاهرة دوبلر التي تحدث نتيجة لتحرك القمر عن المحطة الأرضية سواء كان القمر مقبلاً أم مدبراً، فإذا كان القمر الاصطناعي المتحرك مقبلاً إلى المحطة الأرضية فإن تردد الإشارات المرسلة والمستلمة بين المحطة والقمر سيزداد، بينما يلاحظ أن تردد هذه الإشارات يقل إذا كان القمر الاصطناعي مدبراً عن المحطة الأرضية وتعرف هذه الظاهرة بتأثير جوبلر.

ولكن بالرغم من المميزات العديدة التي يتميز بها المدار الاستوائي المتزامن فإنه لا يخلو من بعض العيوب، كالتأخير الزمني الذي يحصل للإشارة عند انتقالها بين المحطة الأرضية والقمر الاصطناعي المتزامن والذي يبلغ (270) ملي ثانية، بالإضافة إلى عدم إمكانية القمر الاستوائي المتزامن من تغطية المناطق القطبية التي تقع بعد خط العرض (81.25) درجة شمالاً وجنوباً.

# الفصل الخامس

# الهيكل التصميمي للقمر الاصطناعي

# الفصل الخامس

# الهيكل التصميمي للقمر الاصطناعي

## 1-5 مكونات القمر الاصطناعي

يوضح الشكل (5-1) المخطط الكتلي لمكونات القمر الاصطناعي والذي يتضمن خمس وحدات ثانوية تمثل الهيكل التصميمي للقمر الاصطناعي وهي:

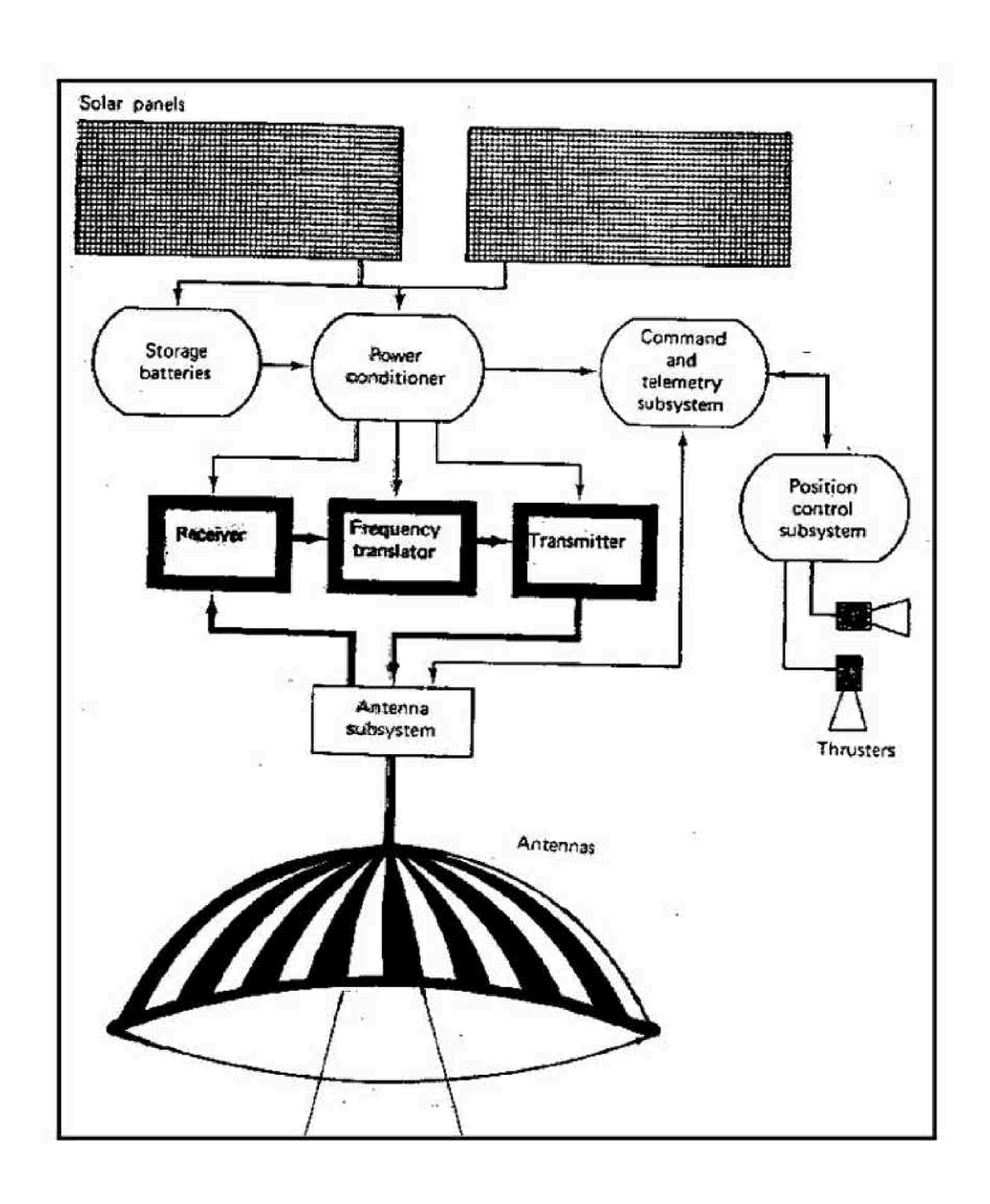
1- وحدة الهوائيات (Antenna Subsystem and Antennas).

2-وحدة القنوات القمرية ((Transponers (Receiver, Frequency Transtator, Transmitter))

3- وحدة حجز القدرة (Solar Panels, Storage Batteries and Poer Conditioner)

4- وحدة القيادة والتعقب (Command and Telemtery subsystem)

5- وحدة الدفع وتصحيح الموقع (Position Control Subsystem and Thrusters)




شكل (5-1) مكونات القمر الاصطناعي

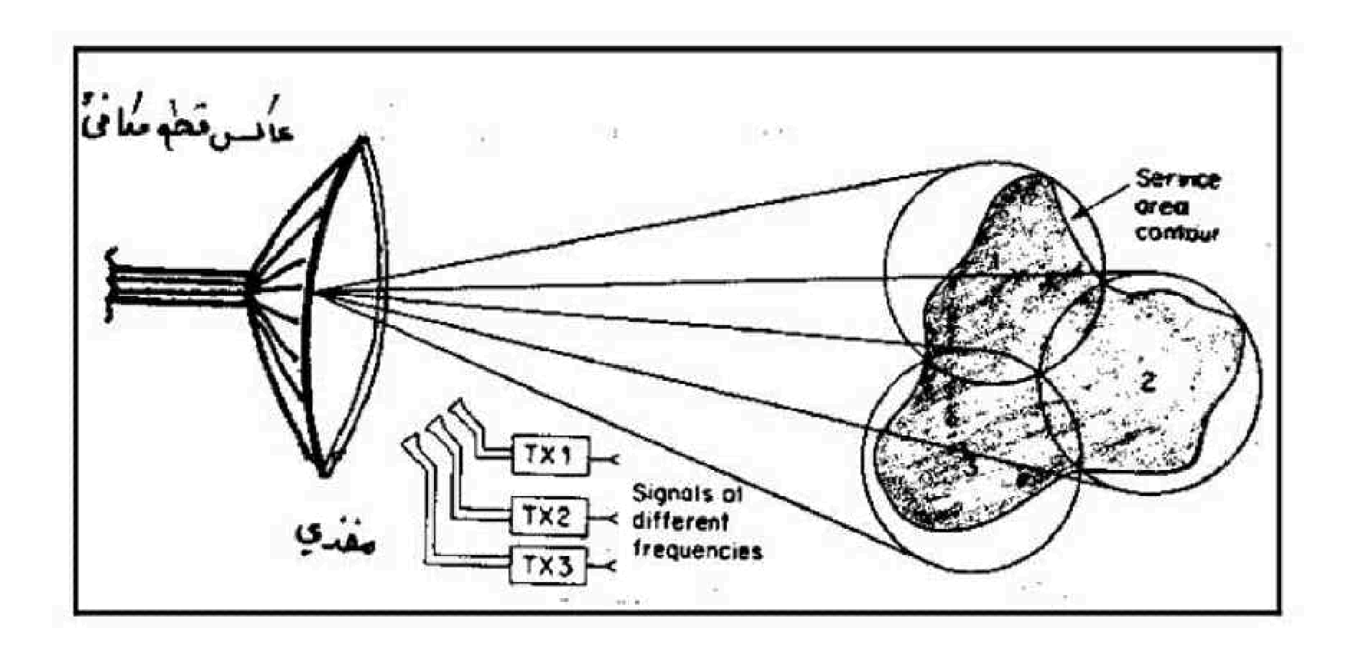
### 2-5 وحدة الهوائيات

يزود القمر الاصطناعي عادة بعدد معين من الهوائيات معتمداً على عدد الأنطقة الترددية التي تعمل عليها القنوات القمرية، حيث أن لكل نطاق ترددي، هوائياً خاصاً به للإرسال والاستلام، علماً أن حجم الهوائي المستخدم يتناسب عكسياً مع قيمة تردد القناة القمرية، فمثلاً يكون هوائي النطاق الترددي (C ) (6/4) كيكاهيرتز أكبر من هوائي النطاق الترددي (ku) (14/12) كيكاهيرتز.

أن الهوائيات المستخدمة في الأقمار الاصطناعية هي من نوع هوائيات الموجات الدقيقة (المايكروويف) التي يعتمد مقدار كسبها على درجة اتجاهية الهوائي، فعند حصول زيادة في درجة اتجاهية الهوائي يؤدي ذلك إلى حصول زيادة في كسب الهوائي وبالتالي تزداد كمية المعلومات المرسلة والمستلمة من قبل الهوائي.

يتكون هوائي القمر الاصطناعي عادة من مغذٍ وعاكس وغالباً ما يكون المغذي من النوع البوقي، بينما يكون العاكس على شكل قطع مكافئ كروي أو أسطواني. ففي أجهزة الإرسال في القمر الاصطناعي يتم تسليط الإشارات عن طريق المغذي البوقي على السطح الداخلي للعاكس، الذي يقوم بعكس الإشارة وجعلها على شكل حزمة تنطلق إلى سطح الكرة الأرضية لتغطية مساحات معينة.

ويمكن أيضاً تغطية مساحات غير منتظمة الشكل باستخدام أكثر من مغذ بوقي واحد لنفس العاكس كما في الأقمار الاصطناعية المحلية التي تغطي مساحة دولة معينة (شكل 5-2).

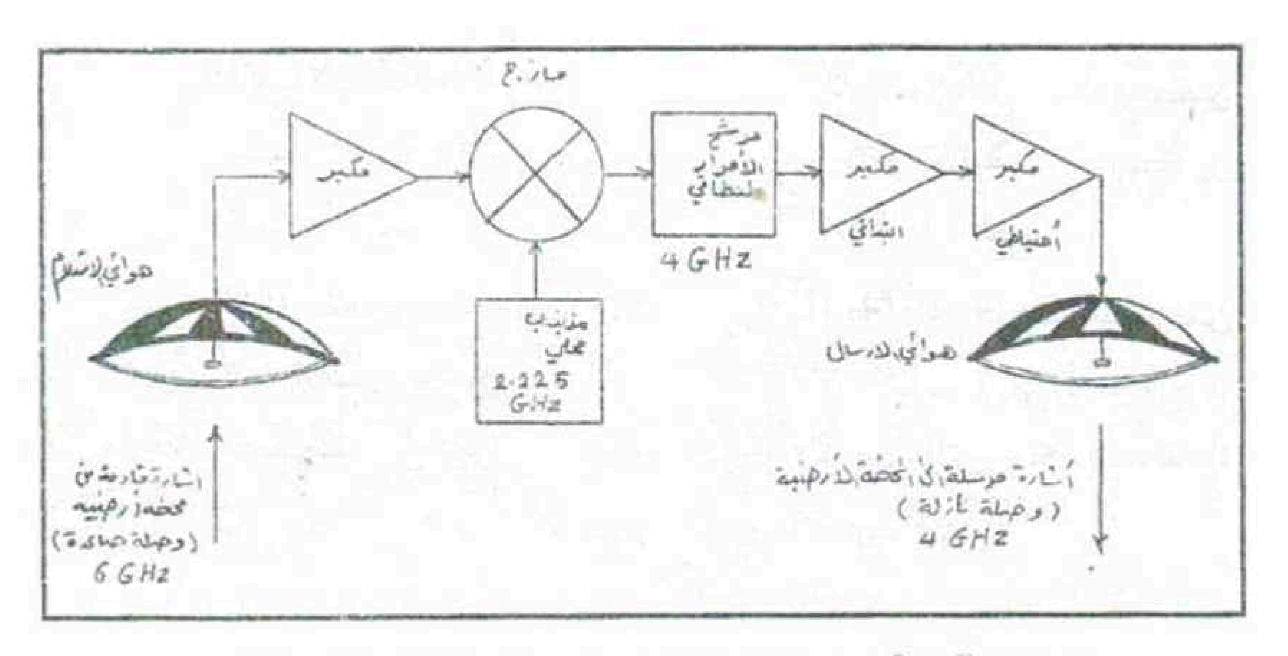



شكل (5-2) هوائي عاكس من نوع القطع المكافئ وثلاث مغذيات

**3-5 وحدة القنوات القمرية**

تتضمن وحدة القنوات القمرية جميع المعدات الإلكترونية الخاصة لاستلام الإشارات القادمة من المحطات الأرضية أو من أقمار اصطناعية أخرى (وصلة صاعدى) ومن ثم تكبير هذه الإشارات وتغيير ترددها وإعادة إرسالها إلى المحطات الأرضية (وصلة نازلة).

يوضح الشكل (5-3) قناة قمرية مستخدمة في منظومة الأنتل سات ذات النطاق الترددي C ( (6/4) كيكاهيرتز.




شكل (5- 3) مخطط القناة القمرية واحدة في القمر الاصطناعي

ذات النطاق الترددي (C)

**شكل (5-3) مخطط القناة القمرية واحدة في القمر الاصطناعي**

**ذات النطاق الترددي (C)**

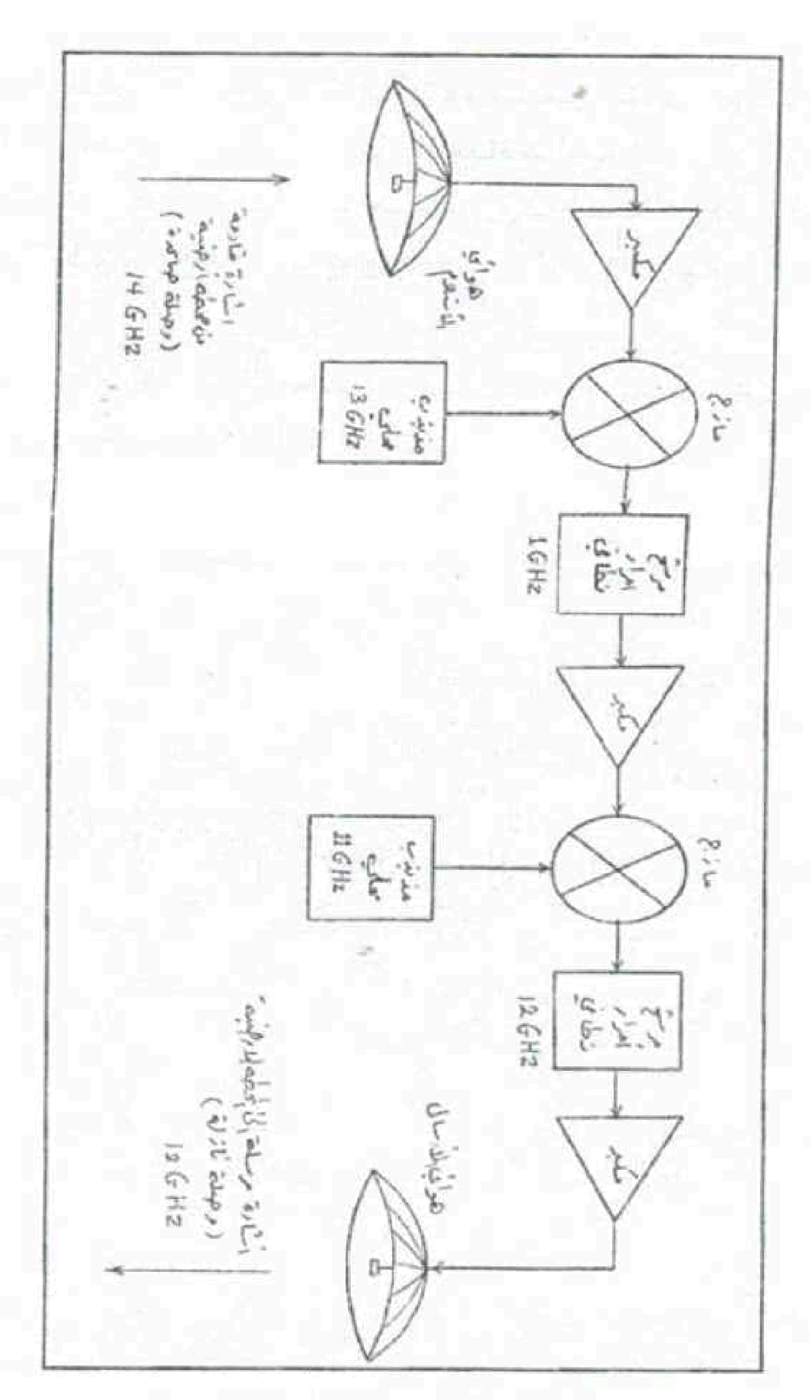
يتم استلام الإشارات القادمة من المحطة الأرضية ذات التردد البالغ (6) كيكاهيرتز بواسطة هوائي الاستلام في القمر الاصطناعي لتدخل إلى دائرة المكبر والذي يكون على نوعين، إما أن يكون صمام الموجة المتنقلة (TWT) أو يكون ترانزستور تأثير المجال (FET) من نوع الكاليوم ارسنايد (GaAS) الذي يعرف بمكبر الطاقة ذات الحالة الصلبة (SSPA) ويتم توليد موجة محلية من قبل مذبذب محلي في القناة القمرية يبلغ تردد هذه الموجة (2.225) كيكاهيرتز وذلك للحصول على إزاحة كافية في التردد بحيث يتحول تردد الإشارة من (6) كيكاهيرتز إلى (4) كيكاهيرتز وبعد مزج الموجة المحلية والإشارة المستلمة في دائرة المازج يتم الحصول على إشارة ذات تردد قدره (4) كيكاهيرتز وبعدئذ تنتقل هذه الإشارة إلى دائرة مرشح الأمرار النطاقي الذي يعمل على إزالة الترددات غير المرغوب فيها من الإشارة الأصلية. وبعدها تدخل الإشارة إلى دائرة المكبر الابتدائي لتكبيرها، ومن ثم ترسب عن طريق هوائي الإرسال إلى المحطة الأرضية كوصلة نازلة ترددها (4) كيكاهيرتز.

ولمواجهة الحالات الطارئة كحدوث عطل في المكبر الابتدائي يمكن تكبير الإشارة بواسطة مكبر طاقة عالية احتياطي في كل قناة قمرية، ويكون هذا المكبر أما صمام الموجة المتنقلة أو مكبر الطقة ذات الحالة الصلبة.

تختلف القناة القمرية ذات النطاق الترددي ( C ) (6/4) كيكاهيرتز عن القناة القمرية ذات النطاق الترددي (ku) (14/12) كيكاهيرتز في أمر واحد وهو أن مراحل ومكونات القناة القمرية (ku) هي ضعف مراحل ومكونات القناة القمرية ( C ).

يوضح الشكل (4-5) مخططاً لمكونات القناة القمرية (ku) (14/12) كيكاهيرتز. حيث يتم استلام الإشارات القادمة من المحطة الأرضية والبالغ ترددها (14) كيكاهيرتز (وصلة صاعدة) من قبل هوائي الاستلام في القمر الاصطناعي وتدخل إلى دائرة المكبر من ثم تدخل إلى دائرة المازج الذي يقوم بمزج هذه الإشارات مع إشارة أخرى ذات تردد قدرة (13) كيكاهيرتز قادمة من المذبذب المحلي.

ويكون تردد الإشارة الناتجة من المزج (1) كيكاهيرتز والتي تدخل إلى مرشح الأمرار النطاقي، وبعدها يتم تكبيرها ومزجها مع إشارة محلية ثانية ترددها (11) كيكاهيراز للحصول على تردد نهائي يبلغ (12) كيكاهيرتز. وعند مرور هذه الإشارة خلال مرشح أمرار نطاقي ثان، تزال الترددات غير المرغوب فيها وبعدئذ تدخل مرحلة تكبير نهائية ومن ثم ترسل هذه الإشارة إلى المحطة الأرضية كوصلة نازلة ذات تردد قدره (12) كيكاهيرتز.

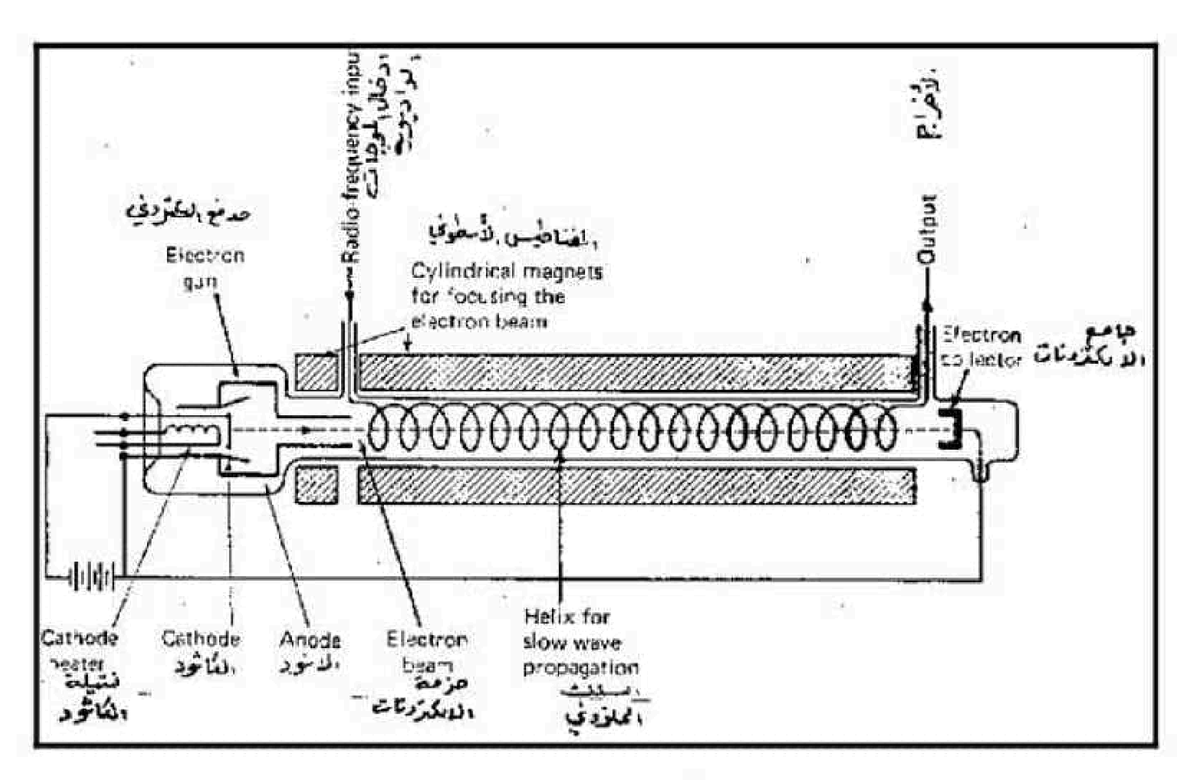



**شكل (5- 4) مخطط للقناة القمرية**

**ذات النطاق الترددي (12/14) (ku) كيكاهيرتز**

يتضمن القمر الاصطناعي عدداً معيناً من القنوات القمرية وحسب نوع القمر وطبيعة استخدامه، وتتضمن كل قناة قمرية اثنين أو ثلاثاً من مكبرات الطاقة والتي تكون على نوعين. إما صمام الموجة المتنقلة وهو الأكثر استخداماً أو مكبر الطاقة ذات الحالة الصلبة ويمكن استخدام النوعين معاً في نفس القناة القمرية.

يوضح الشكل (5-4) مخططاً لمكونات صمام تكبير الموجة المتنقلة (TWTA) الذي يقوم بتكبير الإشارات الراديوية.




شكل (5-5) مخططاً لصمام تكبير الموجة المتنقلة TWTA

يعتمد مبدأ عمل صمام تكبير الموجة المتنقلة على قيام المدفع الإلكتروني بتوليد حزمة الكترونية عن طريق تسخين فتيلة الكاثود، ويتم تعجيل الحزمة بواسطة أقطاب الأنوار الموجبة، وتركز هذه الحزمة الإلكترونية بواسطة

مغناطيس أسطواني لتسير خلال مركز لغات السلك الحلزوني الموجود داخل الأنبوبة المفرغة لتصل إلى جامع الإلكترونات.

ومن المعروف أن سرعة الحزمة الإلكترونية هي أقل من سرعة الموجات الراديوية التي تساوي سرعة الضوء (300.000) كم في الثانية، فعند إدخال الموجات الراديوية خلال السلك الحلزوني ذي اللغات العديدة، تصبح المسافة التي تقطعها الموجات الراديوية أضعاف المسافة التي تقطعها الحزمة الإلكترونية لنفس الزمن، وهذا يعني أن الموجات الراديوية التي تسير في السلك الحلزوني للوصول إلى نهاية السلك ستستغرق نفس الزمن الذي تصل فيه الحزمة الإلكترونية من المدفع إلى الجامع.

ويجب حساب عدد لفّات السلك الحلزوني، بحيث تصبح سرعة الموجات الراديوية مساوية لسرعة الحزمة الإلكترونية.

عند مرور الموجات الراديوية والحزمة الإلكترونية في نفس الوقت خلال الحلزوني يحدث بينهما تبادل حثي، فتقوم الموجات الراديوية بحث تغييرات جيبية في المجال الكهربائي للحزمة الإلكترونية حيث أن هذه التغييرات في المجال تسير بنفس سرعة الحزمة الإلكترونية مما يسبب حدوث تغييرات مناظرة لها في سرعة الحزمة الإلكترونية الأمر الذي يؤدي إلى تقطيع حزمة الإلكترونات على شكل تجمعات إلكترونية تسير بنفس سرعة الموجات الراديوية. أن سير الحزمة الإلكترونية المتقطعة في مركز لفات السلك الحلزوني الأصلية وتضاف إليها لتكبر قيمتها. وفي نفس الوقت تعمل هذه الإشارة المكبرة على حث أكبر لتقطيع الحزمة الإلكترونية والتي بدورها تزيد من حث إشارة راديوية ثالثة بنفس التردد السابق في السلك الحلزوني ليزداد تكبيرها، وهكذا يستمر الحث المتبادل بين الحزمة الإلكترونية والموجات الراديوية المكبرة لحين الحصول على التكبير المطلوب للإشارة الراديوية التي تخرج من نهاية السلك الحلزوني.

يعتمد تكبير الإشارة بواسطة صمام الموجة المتنقلة على طول أنبوبة الصمام، إذ كان طول صمام الموجة المتنقلة المستخدم في الجبل الرابع من الأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة الأنتل سات يبلغ حوالي (61) سنتيمتراً وكانت درجة تكبيره حوالي (100.000) مرة وكفاءته 31% وقدرة إخراجه (6) واط.

### 4-5 وحدة مجهز القدرة الكهربائية

يحتاج عمل القمر الاصطناعي في الفضاء إلى قدرة كهربائية عالية ليتمكن من إرسال حزمة المعلومات من القمر الاصطناعي إلى المحطات الأرضية والتي تحتاج إلى مكبرات عالية التكبير تعمل بالقدرة الكهربائية كصمام تكبير الموجة المتنقلة ومكبر الطاقة ذات الحالة الصلبة. لذا يزود القمر الاصطناعي بوحدة لتجهيز القدرة الكهربائية وخزنها وتنظيمها حيث تتكون وحدة مجهز القدرة الكهربائية في القمر الاصطناعي من ثلاث مراحل هي:

#### 1- المصدر الابتدائي للقدرة الكهربائية

يعتمد مبدأ عمل المصدر الابتدائي للطاقة على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية التي تعتمد في عملها على التأثيرات الكهروضوئية فعند سقوط أشعة الشمس المكونة من الفوتونات الضوئية على الخلية الشمسية يؤدي إلى سريان التيار الكهربائي فيها، حيث أن كمية التيار تعتمد على درجة حرارة ضوء الشمس.

تصنع الخلايا الشمسية من بلورة السليكون المطعمة أو من الألمنيوم وأرسنايد الكالسيوم، وتتراوح المساحة السطحية للخلية الشمسية الواحدة بين (4) إلى (8) سنتيمتر مربع. تصنع ألواح الخلايا الشمسية بحيث يتضمن اللوح الواحد عدداً كبيراً من الخلايا الشمسية التي تربط مع بعضها على التوالي والتوازي أو فرض الحصول على القدرة الكهربائية اللازمة للقمر الاصطناعي،

فمثلاً لغرض الحصول على قدرة كهربائية قيمتها (100) واط، يجب تسخير (2000) خلية شمسية لذلك.

أن معظم الأقمار الاصطناعية الخاصة بالاتصالات تكون أسطوانية الشكل ويكون جسمها الأسطواني مغلفاًً بالخلايا الشمسية لتوليد القدرة الكهربائية اللازمة كالجيل الأول والثاني والثالث والرابع والسادس من الأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة الأنتل سات وغيرها (شكل 2-1) أن هذا النوع الأسطواني من الأقمار الاصطناعية يعاني من مشكلة رئيسية وهي: أن نصف جسمها يكون مواجهاً للشمس في حين أن النصف الباقي يكون في الظلال، لذا لا يمكن استغلال جميع الخلايا الشمسية في نفس الوقت لتوليد القدرة اللازمة وبذلك فإنها تقوم بتحويل نسبة قدرها $\frac{1}{\pi}$ فقط من شعاع الشمس الساقط على جسم القمر إلى قدرة كهربائية. بينما يلاحظ أن البعض الآخر من الأقمار الاصطناعية تستخدم أجنحة مكونة من ألواح من الخلايا الشمسية، تكون مواجهة للشمس بشكل دائم وهي تستغل الطاقة الشمسية بشكل أفضل من الأقمار الأسطوانية كالقمر الاصطناعي العربي عرب سات والجيل الخامس من منظومة الأنتل سات وغيرها (شكل 2-1 و 2-4) وجدير بالذكر أن المساحة الكلية لألواح الخلايا الشمسية لهذه الأقمار ليس أكبر من مساحة الخلايا الشمسية للأقمار الأسطوانية ومع ذلك فإنها تولد قدرة كهربائية تزيد ثلاث مرات عما يولده القمر الاصطناعي الأسطواني، إلا أن استخدام ألواح الخلايا الشمسية يتطلب تعقيدات فنية عند تصميم القمر الاصطناعي كتحريك هذه الألواح لمتابعة أشعة الشمس بحيث تكون أشعتها عمودية بصورة دائمة على الخلايا الشمسية.

إن وجود هذه المتابعة الدائمية لألواح الخلايا الشمسية تحتاج إلى أجهزة تحسس لأشعة الشمس ومحركات خطوية وأجهزة إلكترونية للقياس والسيطرة على متابعة الألواح للشمس.

**2- المصدر الثانوي للقدرة الكهربائية**

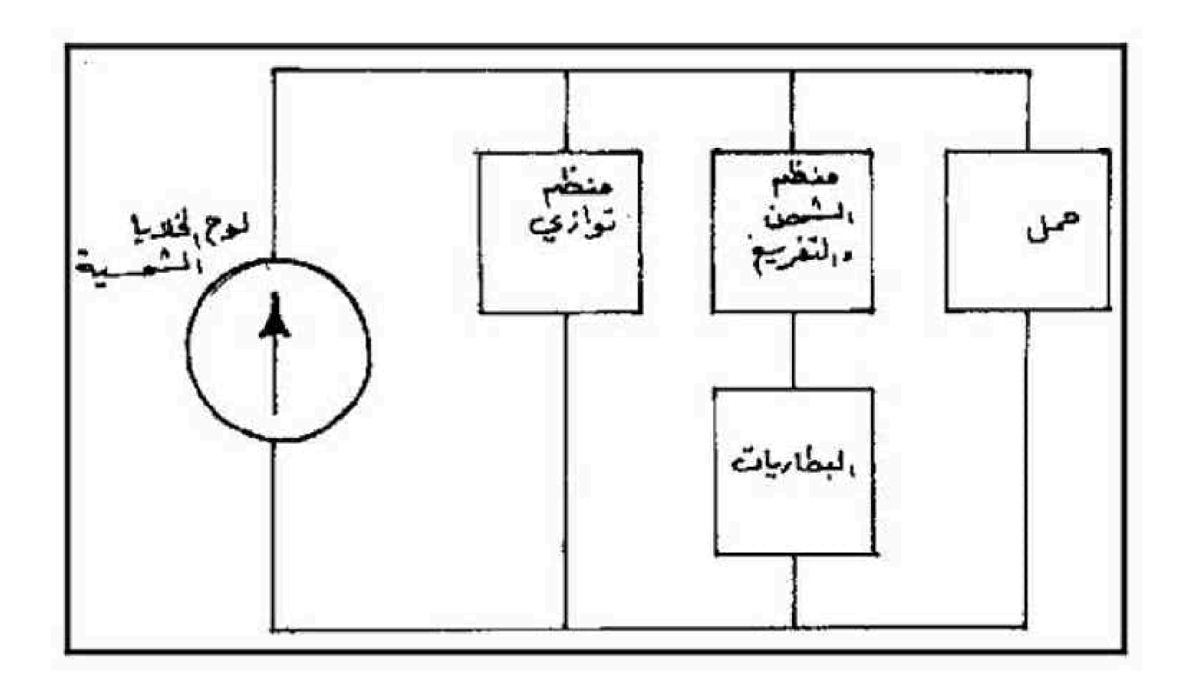
يستخدم المصدر الثانوي للقدرة الكهربائية كمصدر احتياطي عند حدوث كسوف للشمس، حيث تصل فترة الكسوف يومياً إلى حوالي (70) دقيقة، وكسوف الشمس يعني وقوع القمر الاصطناعي في منطقة ظلال الأرض أو في ظلال كوكب القمر، وفي هذه الحالة تنتهي فعالية الخلايا الشمسية لأن درجة الحرارة في الظلال تنخفض بشكل كبير وتصل إلى حدود (180) درجة تحت الصفر المئوي وحينئذ يصبح المصدر الابتدائي للقدرة عديم الفائدة، لذا يستعاض عنه بالمصدر الثانوي الذي يأخذ الطاقة من المصدر الابتدائي ويخزنها.

يتكون المصدر الثانوي من مجموعة من البطاريات الكهروكيميائية التي تخزن الطاقة الكهربائية. فمثلاً يوجد في القمر الاصطناعي ويستار زوج من البطاريات من فئة (8.4) أمبير ساعة وكل بطارية تحتوي على (28) خلية كهربائية ومن أشهر هذه البطاريات هي نوع النيكل - كاديموم.

**3- دائرة الحماية وتنظيم القدرة الكهربائية**

تعتمد فولتية خرج الخلية الشمسية بالدرجة الأولى على درجة حرارة أشعة الشمس والتي تصل إلى عشرات الدرجات المئوية، بينما تهبط درجات الحرارة هبوطاً شديداً وتصل غلى حدود (180) درجة تحت الصفر المئوي في حالة كسوف الشمس.

وفي الحالات الاعتيادية فإن الفولتية التي تولدها الطاقة الشمسية هي مرتان ونصف بقدر فولتية التشغسل الاسمية لذا يستوجب وجود دائرة لحماية وتنظيم عملية شحن وتفريغ البطاريات وتوزيع الفولتيات القياسية على جميع مكوان القمر الاصطناعي كما موضح في الشكل (6-5).




شكل (5-6) دائرة حماية وتنظيم القدرة الكهربائية في القمر الاصطناعي

### 5-5 وحدة القيادة والتعقب

تكون سعة قناة وحدة القيادة والتعقب أصغر بكثير من سعة القناة القمرية الاعتيادية ويستخدم هوائي خاص لهذه القناة يعمل بترددات أوطأ من تردد القناة القمرية. تستخدم وحدة القيادة والتعقب الموجودة على متن القمر الاصطناعي للأغراض التالية:

1- إرسال المعلومات عن حالة القمر الاصطناعي في المحطة الأرضية.

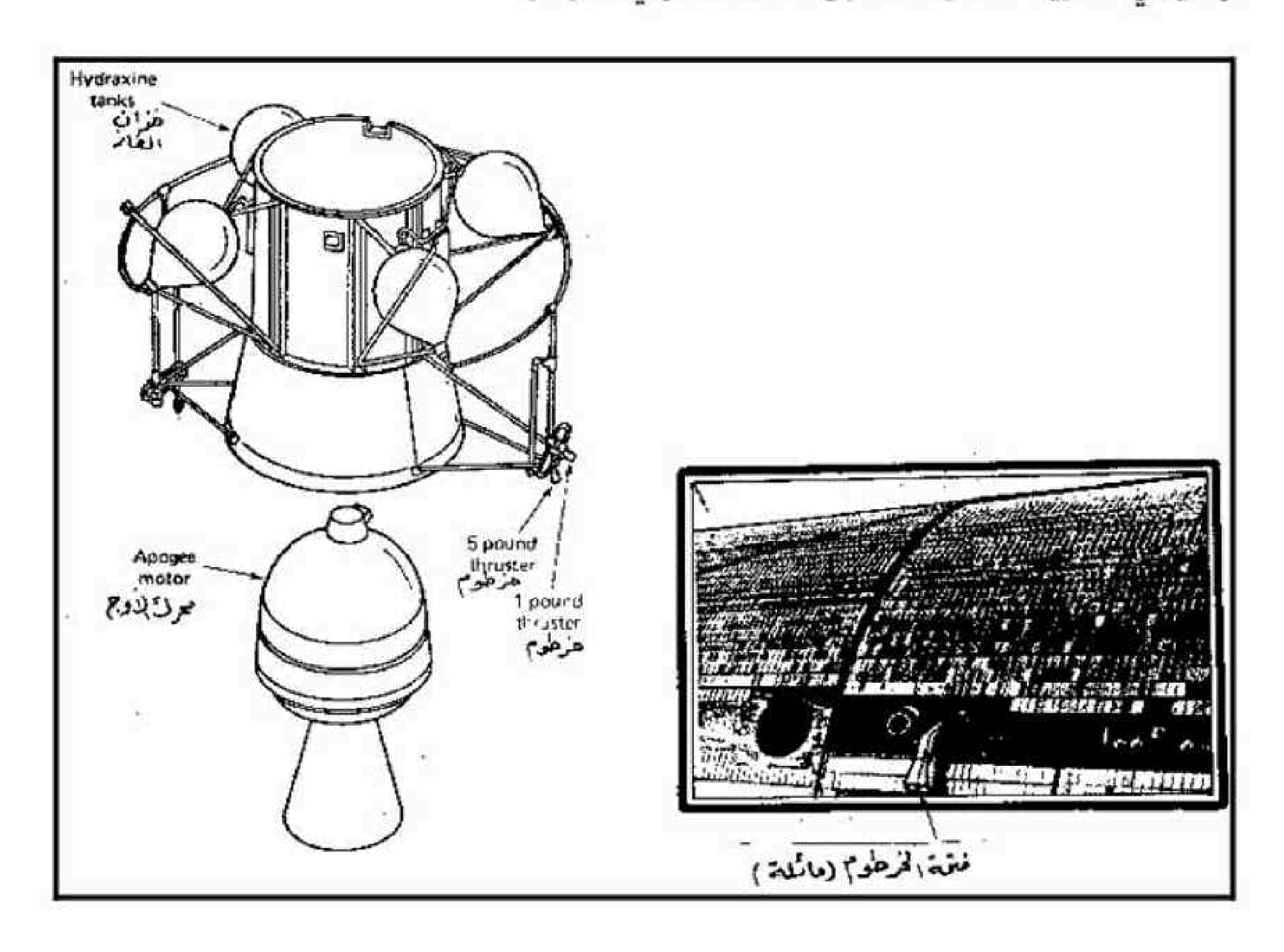
2- إجراء القياسات لضبط موقع القمر الاصطناعي في مداره.

3- استلام إشارات الأوامر القادمة من المحطة الأرضية للقيادة والتعقب التي تخص القياسات الدورية للفحص بما فيها عمل الأجهزة المحمولة على متن القمر الاصطناعي.

### 6-5 وحد الدفع وتصحيح الموقع

تستخدم خراطيم غازية لدفع وتصحيح موقع القمر الاصطناعي في مداره بشكل دقيق كدفع بسيط نحو الشمال أو الجنوب لمعادلة تأثير الشمس والقمر أو دفع بسيط شرقاً أو غرباً للتكيف مع الشكل البيضوي للجاذبية الأرضية

وتكون نهايات هذه الخراطيم خارجة من الغلاف الخارجي للقمر الاصطناعي بشكل مائل أو مستقيم بحيث يؤدي خروج الغاز منها إلى تحريك القمر الاصطناعي من مكانه إضافة إلى تدويره، ويكون هذا الغاز مخزوناً في خزانات تحت ضغط عال ويوضح الشكل (5-7أ) منظراً لجانب من القمر الاصطناعي أنتل سات (17-A) حيث يبدو فيه فتحات خراطيم الغاز. ويلاحظ من الشكل (5-7ب) منظومة كاملة لخزانات وخراطيم الغاز مع المحرك الصاروخي المعروف بمحرك الأوج، حيث يتم تشغيل هذا المحرك الصاروخي في نقطة الأوج من المدار الانتقالي الإهليجي لتحريك القمر ونقله إلى المدار الاستوائي المتزامن.




شكل (5-7) منظومة الدفع وتصحيح الموقع في القمر الاصطناعي

# الفصل السادس

# إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى الفضاء

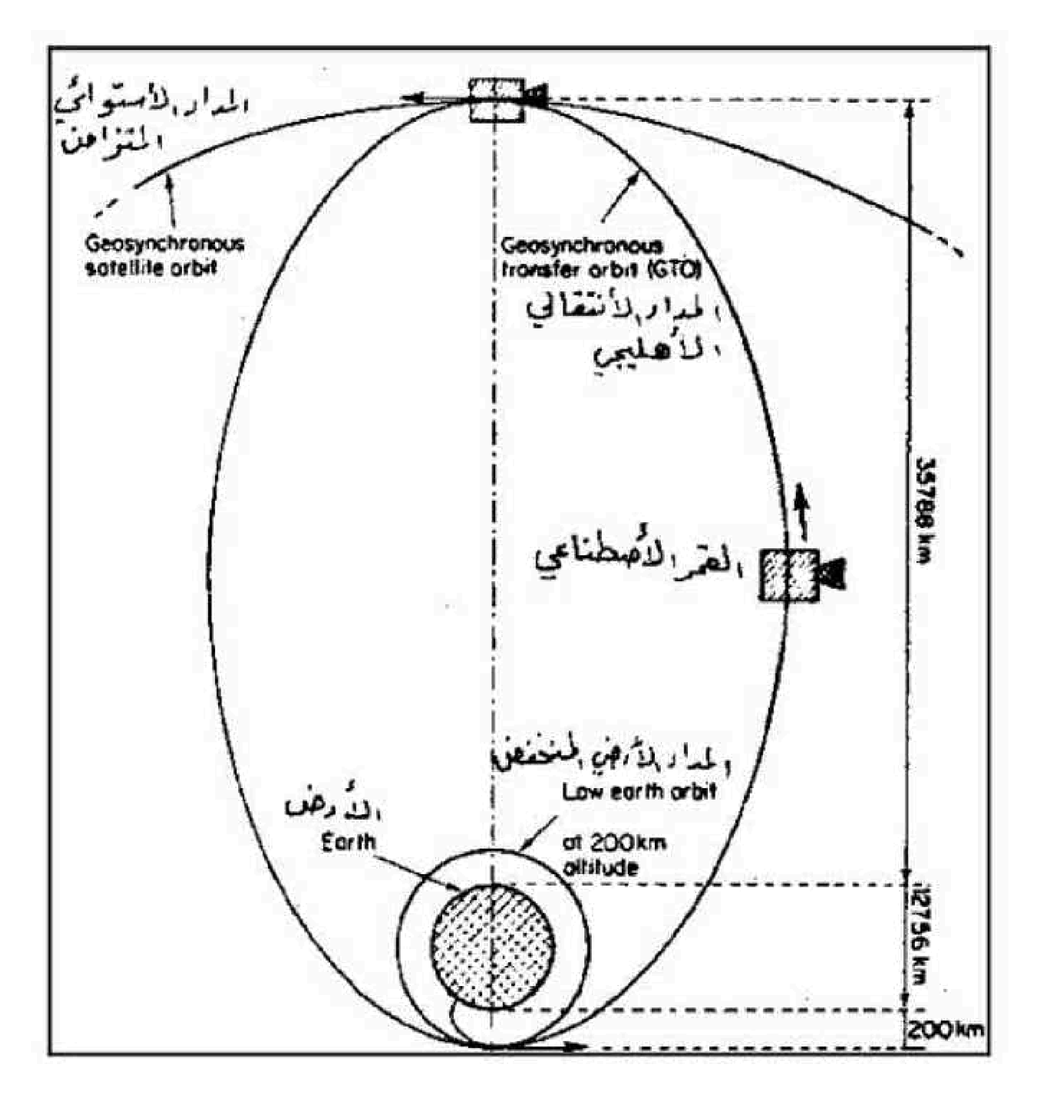
# الفصل السادس

# إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى الفضاء

### 1-6 عملية إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى المدار الاستوائي المتزامن

تعتمد عملية إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى المدار الاستوائي المتزامن على نقل القمر الاصطناعي من الأرض إلى المدار الدائري المنخفض حول الكرة الأرضية الذي يبلغ ارتفاعه عن سطح الأرض حوالي (200) كيلومتر وتكون سرعة دورن القمر الاصطناعي في هذا المدار حوالي (12527) كيلومتر في الساعة.

وبعد ذلك يحقن القمر الاصطناعي إلى المدار الانتقالي الإهليجي الذي يكون ارتفاع أقرب نقطة فيه عن سطح الأرض (نقطة الحضيض) حوالي (200) كيلومتر ويبلغ ارتفاع أبعد نقطة منه عن سطح الأرض (نقطة الأوج) بحوالي (35788) كيلومتر والذي يمثل بداية المدار الإستوائي المتزامن، كما هو موضح في الشكل (6-1).




**شكل (6-1) عملية إطلاق القمر الاصطناعي إلى المدار الاستوائي المتزامن**

من أجل عملية إطلاق ناجحة للقمر الاصطناعي يجب مراعاة الشروط الرئيسة الآتية:

1- التأكد من ملائمة مجهز القدرة الكهربائية ومراعاة موقع ألواح الخلايا الشمسية بالنسبة لأشعة الشمس بحيث تصبح عمودية عليها مع أخذ حالة كسوف الشمس بعين الاعتبار.

2- التأكد من ضمان السيطرة على الحرارة وخصوصاً في فترة كسوف الشمس.

3- يجب أن يكون موقع القمر الاصطناعي في المدار صحيحاً لغرض المحافظة على بقاء زاوية السقوط ثابتة بين ألواح الخلايا الشمسية وأشعة الشمس إضافة إلى المحافظة على زاوية الاتصال بين المحطات الأرضية والقمر الاصطناعي.

4- المحافظة على دوام رؤية القمر الاصطناعي من محطات السيطرة والتعقب الأرضية وخصوصاً عندما يكون القمر الاصطناعي في المدار الانتقالي الإهليجي وفي نقطة الأوج.

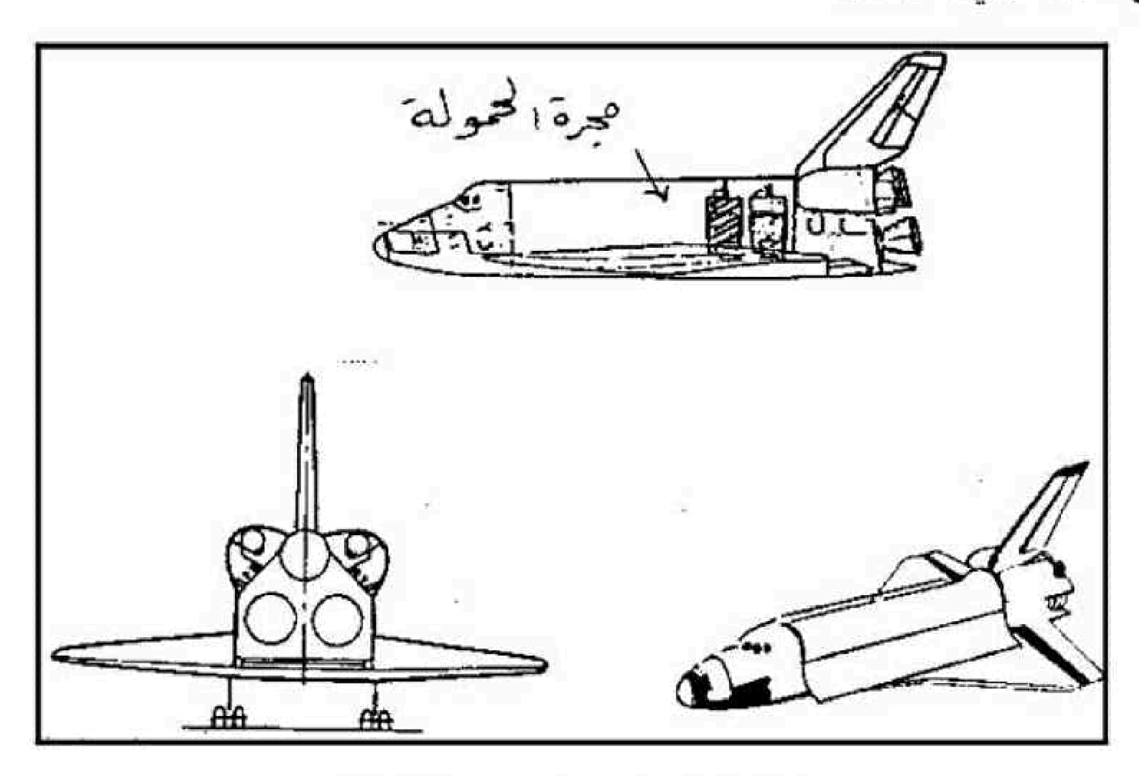
## 2-6 طرق إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى المدار الاستوائي المتزامن

تصنيف طرق إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى المدار الاستوائي المتزامن حسب نوع منظومة الإطلاق إلى ثلاثة أصناف هي:

### 1- حقن الأقمار الاصطناعية بواسطة المكوكات الفضائية

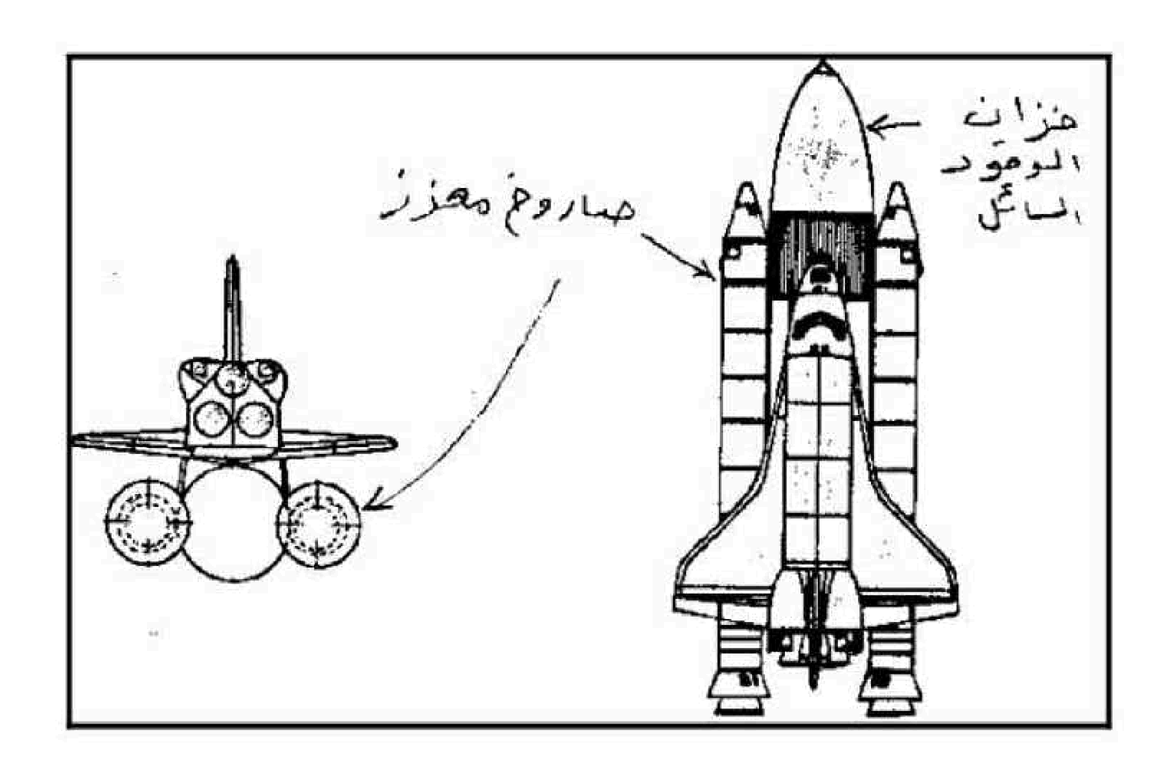
المكوكات الفضائية عبارة عن مركبة فضائية تستخدم لإطلاق الأقمار الاصطناعية إلى مداراتها إضافة إلى استخدامها لأجراء البحوث العلمية في الفضاء تتمكن المكوكات الفضائية من الهبوط إلى الأرض على شكل طائرة.

يوضح الشكل (2-6) ثلاثة مناظر مختلفة للمكوك الضفائي حيث يلاحظ في المنظر الجانبي للمكوك الفضائي ، أن حجرة الحمولة تحتوي على قمرين اصطناعيين، إذ أن طول هذه الحجرة يبلغ (18.3) متراً ويبلغ قطرها حوالي (4.6) متراً.




**شكل (2-6) مناظر مختلفة للمكوك الفضائي**

يتم إطلاق المكوك الفضائي إلى المدار الدائري المنخفض بشكل عمودي بمساعدة زوج من الصواريخ المعززة ذات الوقود الصلب مع خزان أسطواني كبير يحتوي على الوقود الدفعي السائل، حيث يتم تركيب الصاروخين والمكوك الفضائي على جسم الخزان الكبير مكما موضح في الشكل (6-3).




**شكل (6-3) المكوك الفضائي والصاروخان المعززان مثبتة على جسم خزان الوقود السائل**

يقتصر عمل الصاروخين المعززين على دفع المكوك الفضائي مع خزان الوقود السائل إلى ارتفاع قدره (43.5) كيلومترفوق سطح الأرض أي بعد زمن مقداره دقيقتان من لحظة الإطلاق. وبعد مضيّ هذا الزمن القصير ينفصل كلا الصاوخين عن جسم الخزان الكبير وكما موضح في الشكل (6-4)، وبعدها ينزلان بواسطة مظلات مصممة في داخل كل صاروخ تنفتح لمساعدتهما الهبةط والنزول في مياه المحيط.

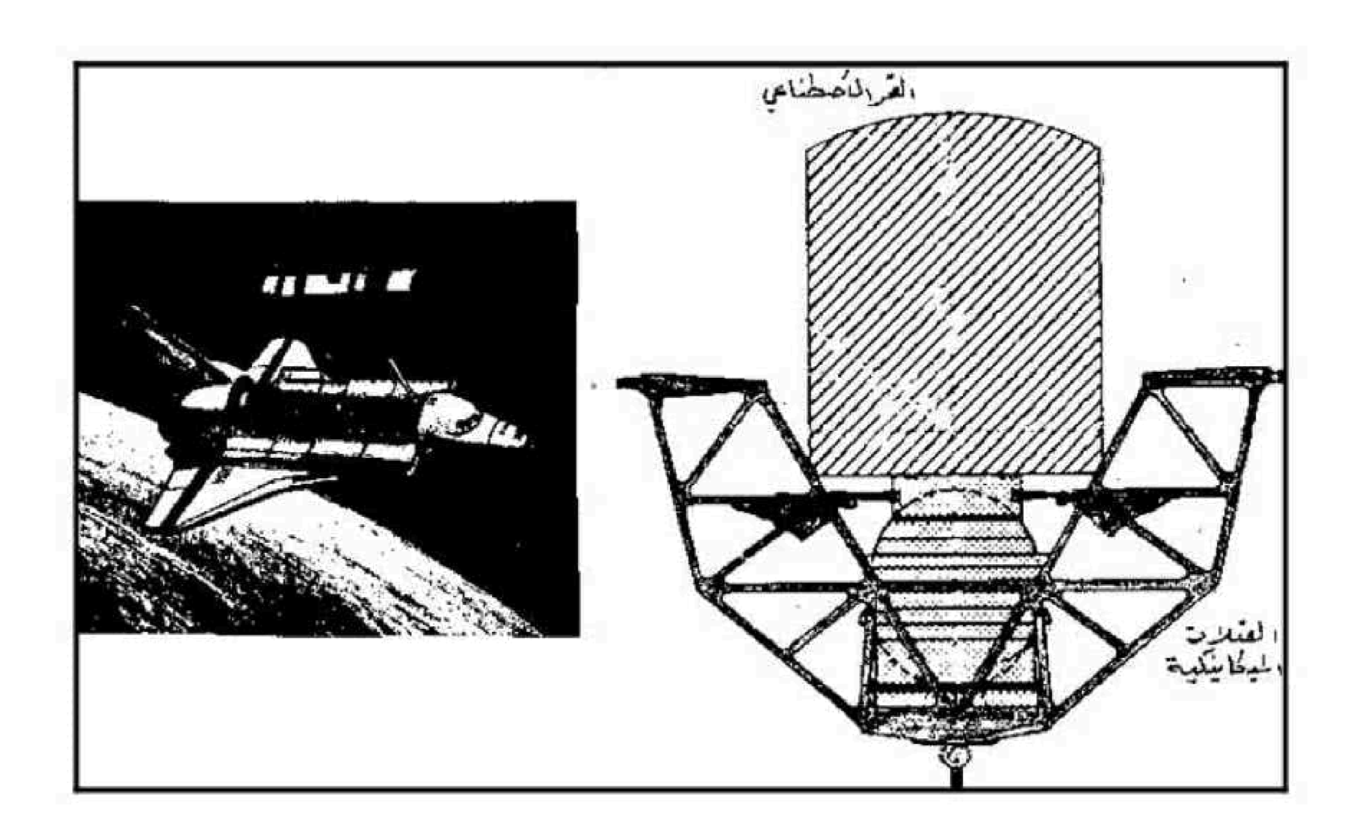
وبعد ذلك يتم انتشالها من مياه المحيط للاستفادة منها ثانية، بينما يستمر خزان الوقـود مـع المكوك الفضائي بالارتفاع لحين وصولهما إلى المدار الدائري المنخفض المعروف بمدار وقوف المكوكات الفضائية والذي يبعد عن سطح الأرض بمسافة تقدر بحوالي (290) كيلومتر.



**شكل (6-4) لحظات انفصال الصاروخين**

**المعززين عن جسم خزان الوقود السائل الكبير**

عند وصول المكوك الفضائي إلى مدار وقـوف المكوكـات الفضـائية الـدائري ينفصـل عـن جسـم خزان الوقود السائل. وبعد أن يستقر دوران المكوك الفضائي في المـدار يـتم إطـلاق القمـر الاصـطناعي المخزون داخل حجرة الحمولة عن طريق فتح بوابـة الحجـرة وفـتح العـتلات الميكانيكيـة التـي تثبـت القمر الاصطناعي داخل الحجرة. ويتم تـدوير جسـم القمـر الاصـطناعي بواسـطة منظومـة مسـاعدة محمولة في المكوك الفضائي بحيث تصبح سرعـة دوران القمـر الاصـطناعي حـول نفسـه بـين (30) إلى (100) دورة في الدقيقة، وبعدها يعمل نابض حلزوني على قـذف القمـر الاصـطناعي إلى خـارج حجـرة المحمولة وكما موضح في الشكل (6-5).



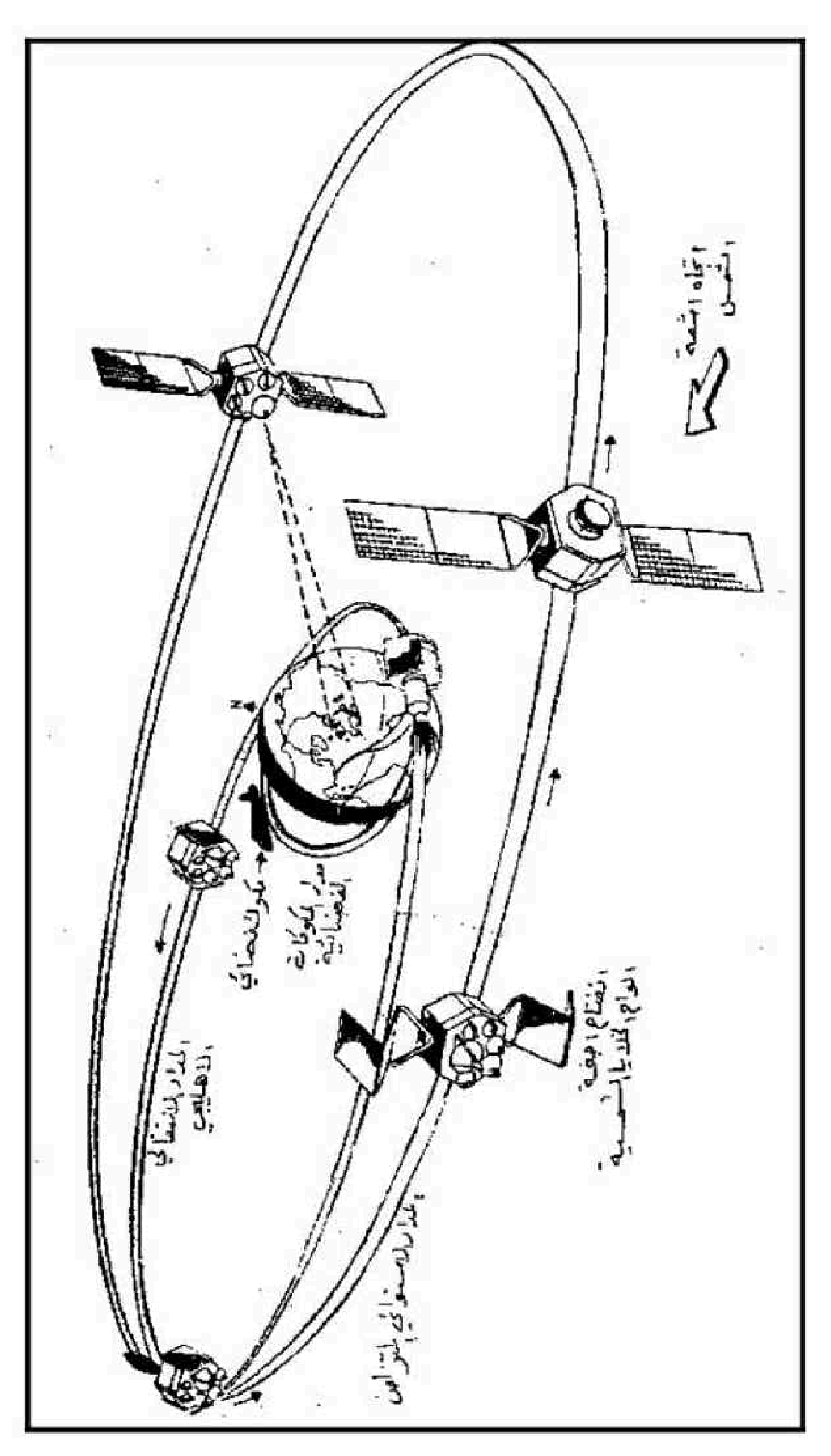

**شكل (6-5) عملية قذف القمر الاصطناعي من حجرة الحمولة بعد تدويره حول نفسه**

يعد قذف القمر الاصطناعي إلى خارج حجرة الحمولة يتم تشغيل المحرك الصاروخي الأول في القمر الاصطناعي ليعطيه قوة دافعة وليزيد من سرعته لكي يسير في المدار الانتقالي الإهليجي، ويعتبر المحرك الصاروخي جزءاً مندمجاً مع هيكل القمر الاصطناعي كما في القمر الاصطناعي التابع لمنظومة الأنتل سات (IV) وأحياناً يكون المحرك الصاروخي كوحدة إضافية محمولة مع القمر الاصطناعي.

وجدير بالملاحظة أن الوقود الدفعي المستخدم في المحرك الصاروخي يكون إما سائلاً أو صلباً.

يوضح الشكل (6-6) مراحل حقن القمر الاصطناعي إلى المدار الاستوائي المتزامن، وعند وصول القمر الاصطناعي إلى نقطة الأوج في المدار الانتقالي الإهليجي يتم تشغيل المحرك الصاروخي (محرك الأوج) لزيادة سرعة القمر الاصطناعي ولتعديل مساره بحيث يصبح مسيره في المدار الاستوائي المتزامن. وبعدها تبدأ ألواح الخلايا الشمسية بالانفتاح تدريجياً ويبقى القمر الاصطناعي محافظاً على

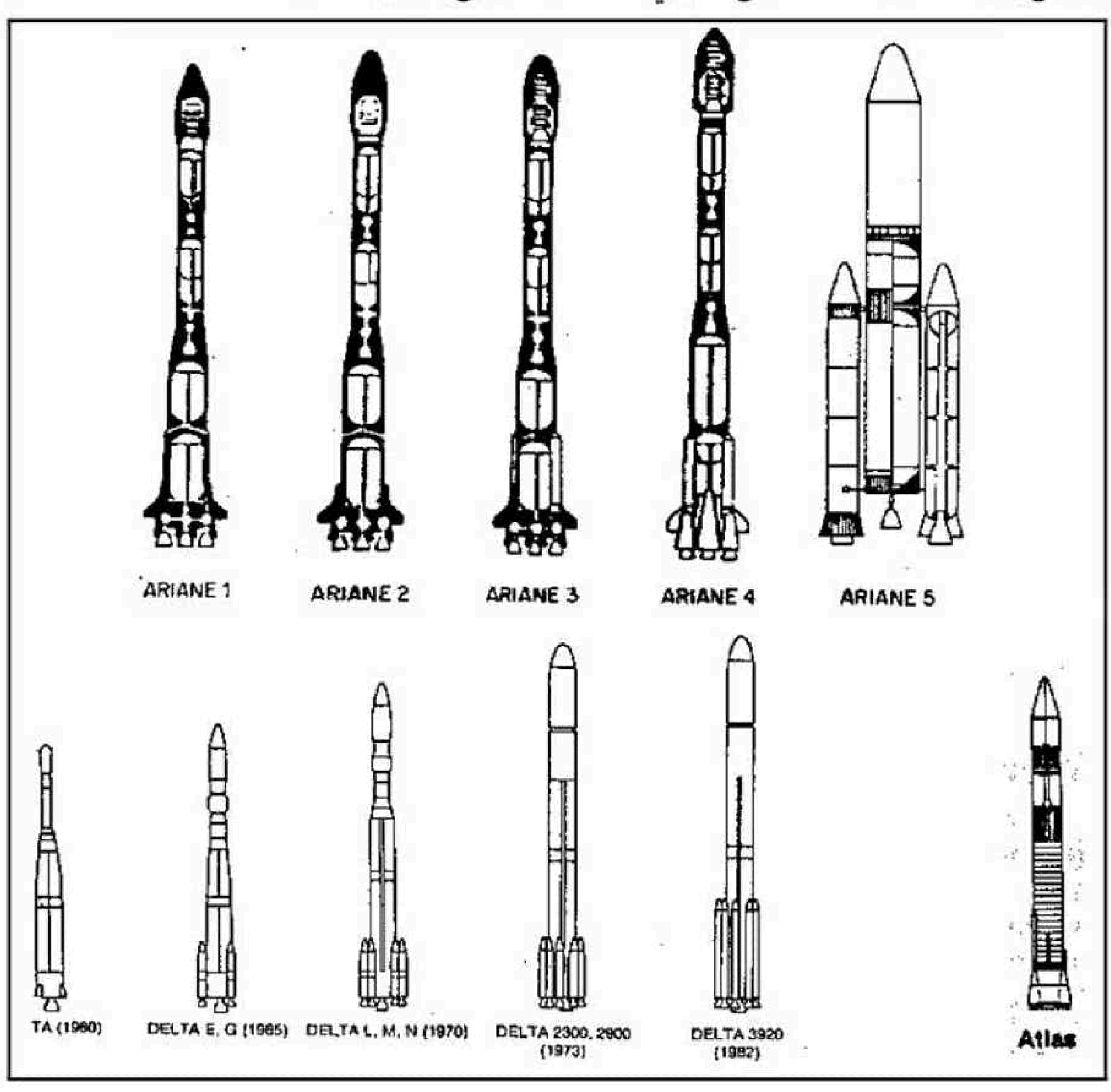
سرعة دورانه المساوية لسرعة دوران الكرة الأرضية حول نفسها، إضافة إلى المحافظة على اتجاهه بالنسبة إلى أشعة الشمس والمحطات الأرضية بحيث يبدو وكأنه ثابت في الفضاء بالنسبة لأية نقطة مواجهة لها على سطح الكرة الأرضية.



شكل (6-6) مراحل حقن القمر الاصطناعي إلى المدار الاستوائي المتزامن بواسطة المكوك الفضائي

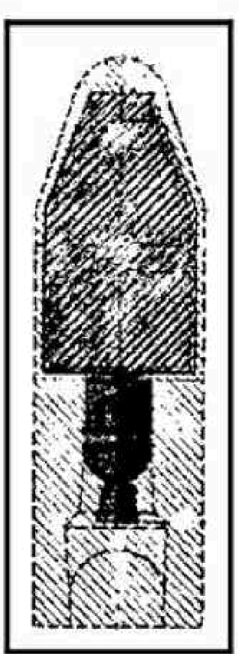
2-حقن الأقمار الاصطناعية بواسطة الصاروخ الفضائي إلى المدار الاستوائي الانتقالي الإهليجي:

يتم إطلاق الأقمار الاصطناعية بنجاح إلى المدار الاستوائي المتزامن باستخدام صواريخ فضائية كالصواريخ الأوروبية المعروفة آريان (Ariane) والموضحة صورتها في الشكل (6-7أ) وصواريخ أطلس (Atlas) (شكل 6-7ب) وصواريخ دلتا الأمريكية (Delta) (شكل 6-7جـ)، كما وأطلقت أقمار اصطناعية بنجاح إلى الفضاء بواسطة الصاروخ الصيني (CZ-3) والصواريخ اليابانية (N) و (H-I) .




شكل (6-7) الصواريخ الفضائية لإطلاق الأقمار الاصطناعية آريان وأطلس ودلتا

تصمم الأقمار الاصطناعية بحيث يمكن إطلاقها بواسطة هذه الصواريخ ويتم حمل القمر الاصطناعي في مقدمة جسم الصاروخ كما موضح في الشكل (6-8) الذي يمثل مقطعاً لجزء من جسم الصاروخ، ويبدو القمر الاصطناعي واضحاً في مقدمة الصاروخ، بينما تمثل بقية أجزاء جسم الصاروخ كمحركات صاروخية دافعة تنفصل عن جسم الصاروخ تدريجياً كلما ارتفع الصاروخ الحامل للقمر الاصطناعي مسافة معينة لحين وصوله إلى بداية المدار الانتقالي الإهليجي حيث يبقى رأس الصاروخ فقط الحامل للقمر الاصطناعي وحينئذ ينفصل القمر الاصطناعي عنه ويسير في المدار الانتقالي حيث يقوم القمر الاصطناعي بزيادة سرعته مرة واحدة ليتمكن من الدوران بشكل متزامن في المدار الاستوائي المتزامن.



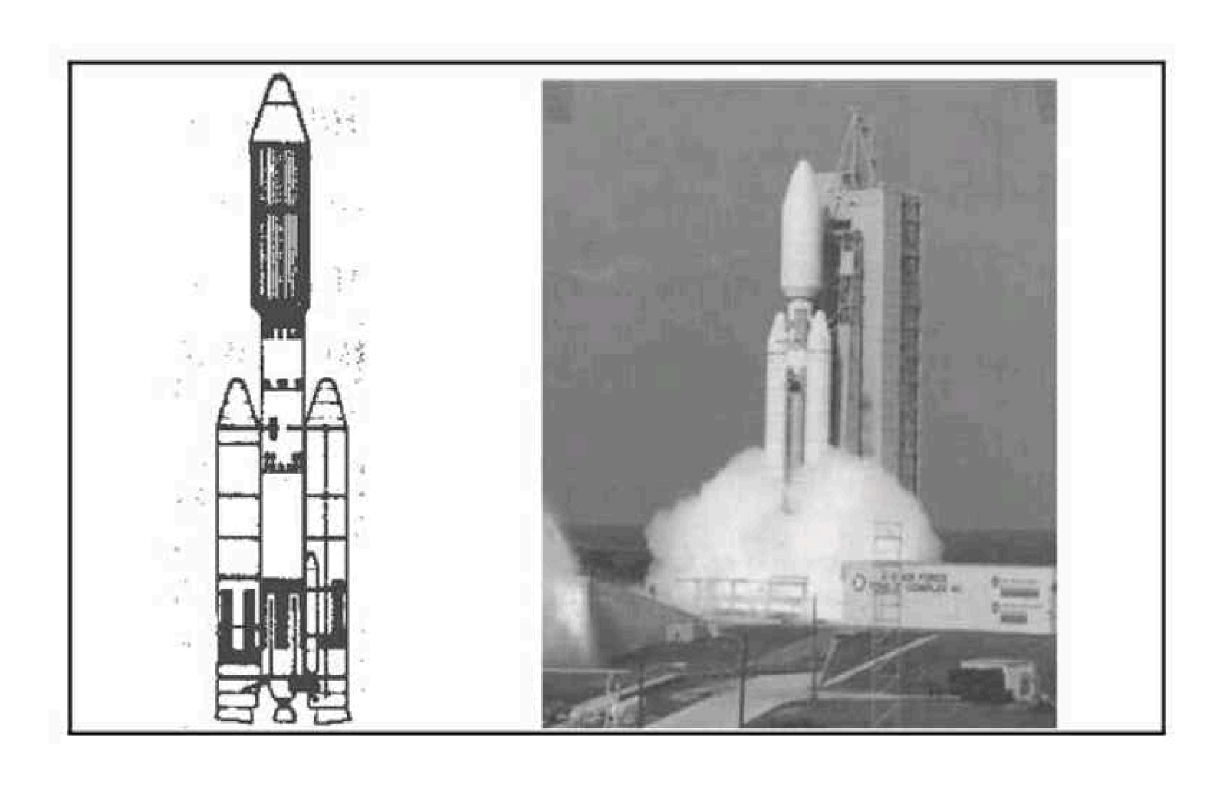
**شكل (6-8) مقطع لمقدمة صاروخ فضائي حامل للقمر الاصطناعي**

**3- حقن الأقمار الاصطناعية مباشرة إلى المدار الاستوائي المتزامن.**

يمكن حقن الأقمار الاصطناعية بشكل مباشر إلى المدار الاستوائي المتزامن بمرحلة واحدة ودون الحاجة إلى تزويد القمر الاصطناعي بالمحركات الصاروخية ويتم ذلك بواسطة صواريخ خاصة وذات قدرة عالية فالصاروخ

الأميركي (Titan) الموضح في الشكل (9-6) والصاروخ الروسي بروتون (Proton) أن لهذه الصواريخ كفاءة عالية على نقل الأقمار الاصطناعية الثقيلة التي يصل وزنها إلى حوالي (4000) كيلو غرام حيث أن الصاروخ الروسي بروتون (D-1) مزود بستة صواريخ معززة ذات الوقود السائل وله القابلية على حقن حمولة زنتها (21000) كيلوغرام إلى المدار الأرضي الدائري، وحقن حمولة زنتها (9000) كيلوغرام إلى المدار الانتقالي الإهليجي وكذلك حقن حمولة زنتها (2500) كيلوغرام إلى المدار الاستوائي المتزامن.

وجدير بالملاحظة أن الجيل السادس من الأقمار الاصطناعية التابعة لمنظومة الأنتل سات (VI) قد تم إطلاقها بواسطة الصاروخ الأمريكي تيتان وذلك في عام (1983).



**شكل (9-6) الصاروخ الأمريكي تيتان (Titan)**

# الفصل السابع

# المحطات الأرضية للأقمار الاصطناعية

# الفصل السابع

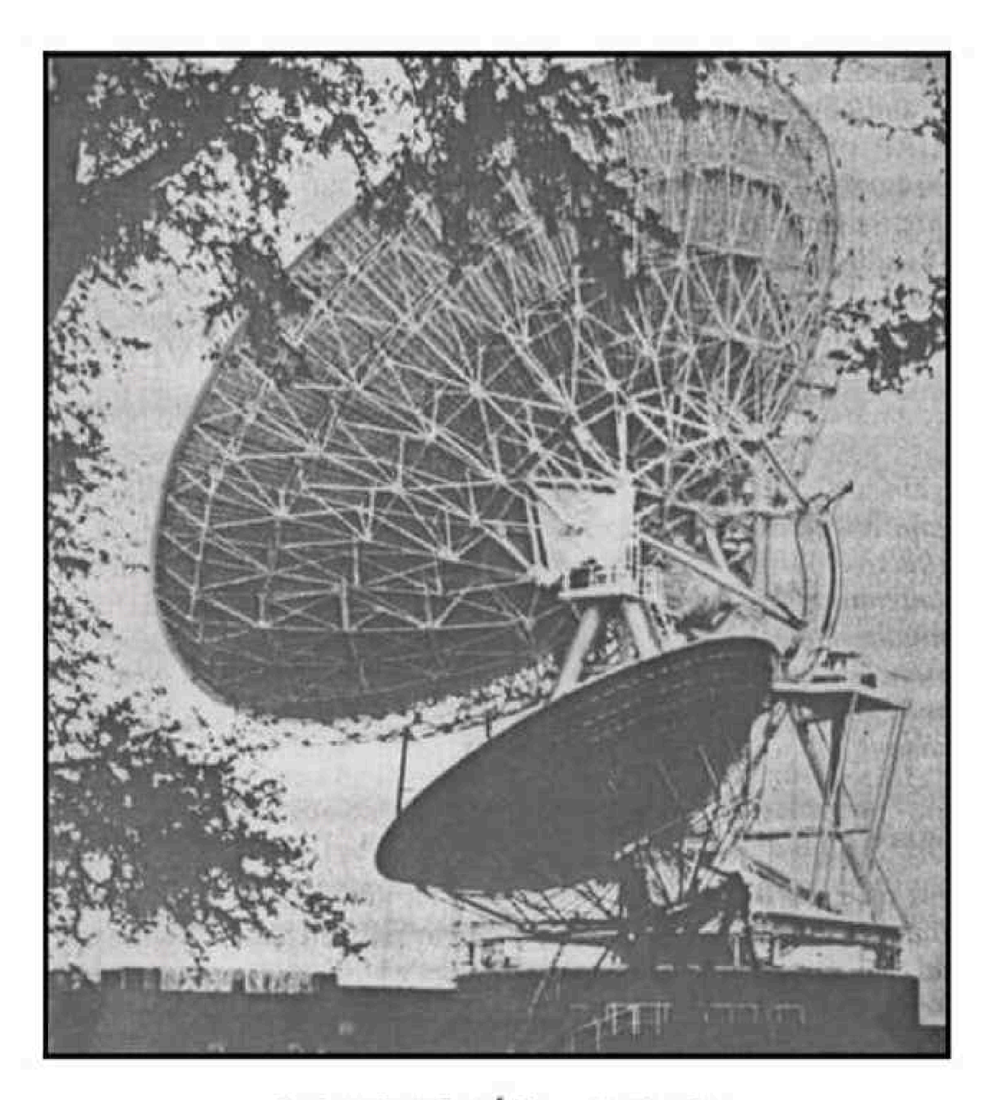
# المحطات الأرضية للأقمار الاصطناعية

### 1-7 أنواع المحطات الأرضية

تمثل المحطات الأرضية المنظومة التي ترسل الإشارات إلى القمر الاصطناعي وتستلم الإشارة منه أيضا، وتُطلق كلمة المحطات الأرضية على المحطات الموجودة عل متن السفن والبواخر في البحار وعلى متن الطائرات في الجو إضافة إلى المحطات المثبتة على اليابسة من سطح الأرض.

إن الجزء الظاهر من المحطات الأرضية هو الهوائي الذي يتراوح قطره بين أقل من متر واحد وأكثر من ثلاثين متراً.

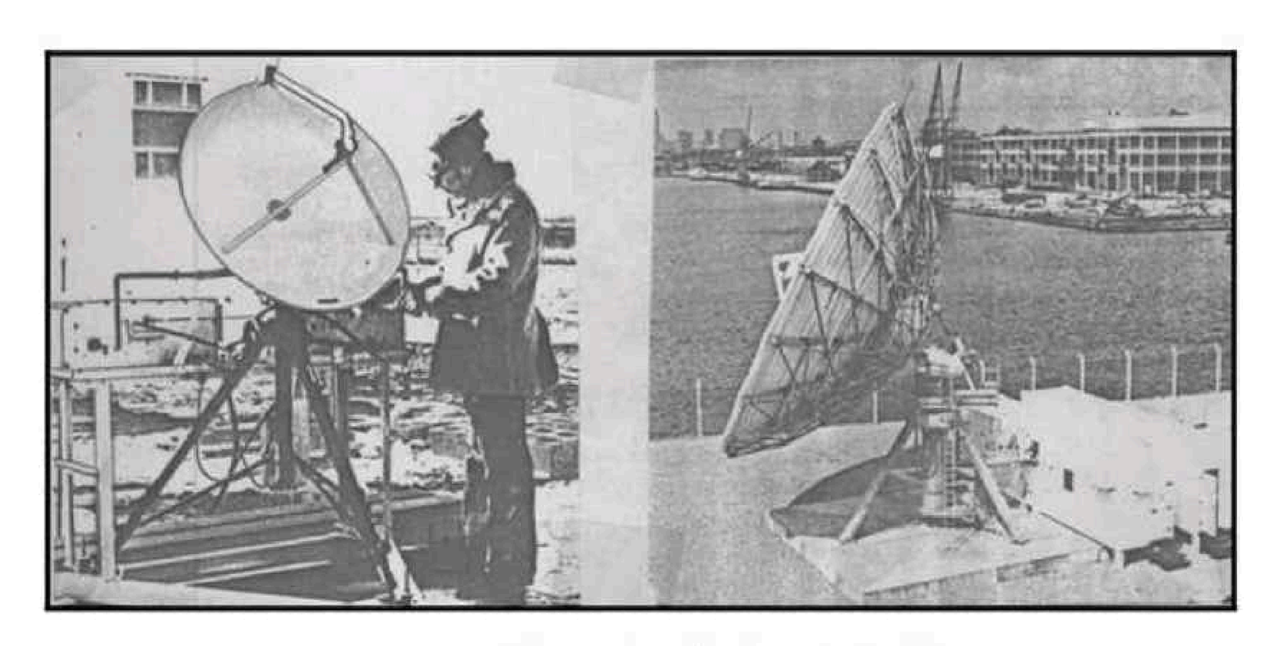
يوضح الشكل (7-1) صورة لمحطة أرضية كبيرة تابعة لمنظومة الأنتل سات ومن الصنف (A) حيث يبلغ قطر الهوائي حوالي (30) متراً وتعمل هذه المحطة ضمن النطاق الترددي ( C ) (6/4) كيكاهيرتز.



**شكل (7-1) محطة أرضية تابعة لمنظومة**

**الأنتل سات صنف (A) ذات قطر (30) متراً.**

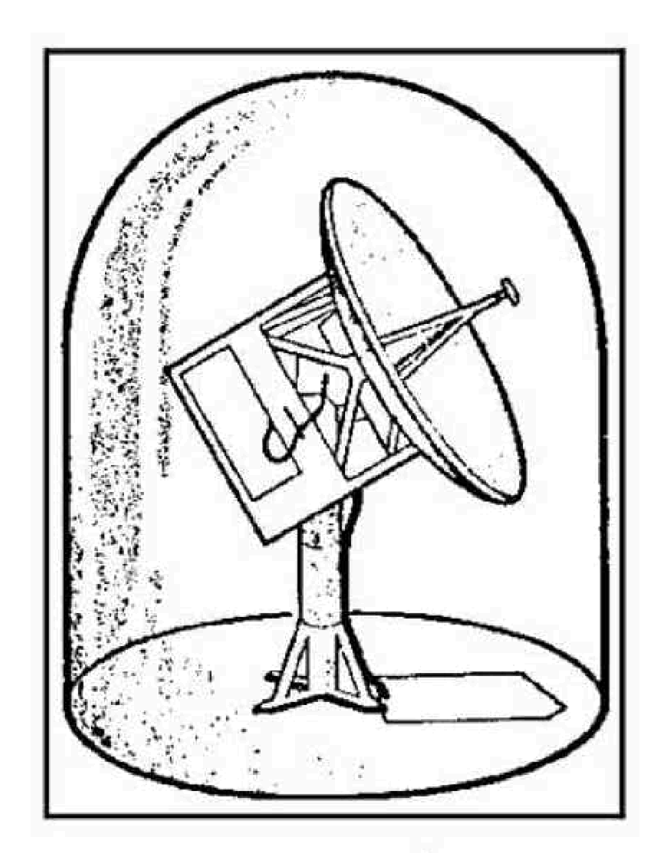
هنالك محطات أرضية أصغر حجماً من المحطة السابقة، تعمل ضمن أنطقة ترددية أخرى كالنطاق الترددي (ku) (14/11) كيكاهيرتز إذ يبلغ قطر هوائي هذه المحطة حوالي (13) متراً كما موضح في الشكل ((7-2أ) كما توجد محطات أرضية أصغر منها كالمحطات الأرضية المنزلية المستخدمة لاستلام البرامج مباشرة من (A) ويبلغ قطر هوائي هذه المحطة المنزلية حوالي (81.28) سنتمتراً كما موضح في الشكل (7-2ب).



**شكل (7-2) محطتان أرضيتان متوسطة وصغيرة الحجم**

تعتبر منظومة إنمارسات كمنظومة اتصالات بحرية للأقمار الاصطناعية وتكون المحطات الأرضية لهذه المنظومة صغيرة الحجم وتحمل على متن السفن والبواخر ويبلغ قطر الهوائي حوالي (1.02) متراً كما موضح في الشكل (7-3) الذي يمثل صورة لمحطة أرضية قياسية من صنف (A) تابعة لمنظومة أنمارسات، ويلاحظ أن كسب هذه المحطة يبلغ حوالي (23 dB) ويبلغ نسبة كسب الهوائي إلى الضوضاء الحراري (G/T) حوالي (4dBk-1) ويتميز هوائي هذه المحطة بقابلية عالية على التحرك السريع باتجاه القمر الاصطناعي عند حدوث أية تغييرات في سير السفينة.

وجدير بالذكر أن هذه المحطة تكون مزودة بجهاز واحد من نوع مزدوج الدخل (الديبليكر) المستخدم لأغراض الاتصالات الهاتفية والتلغراف.

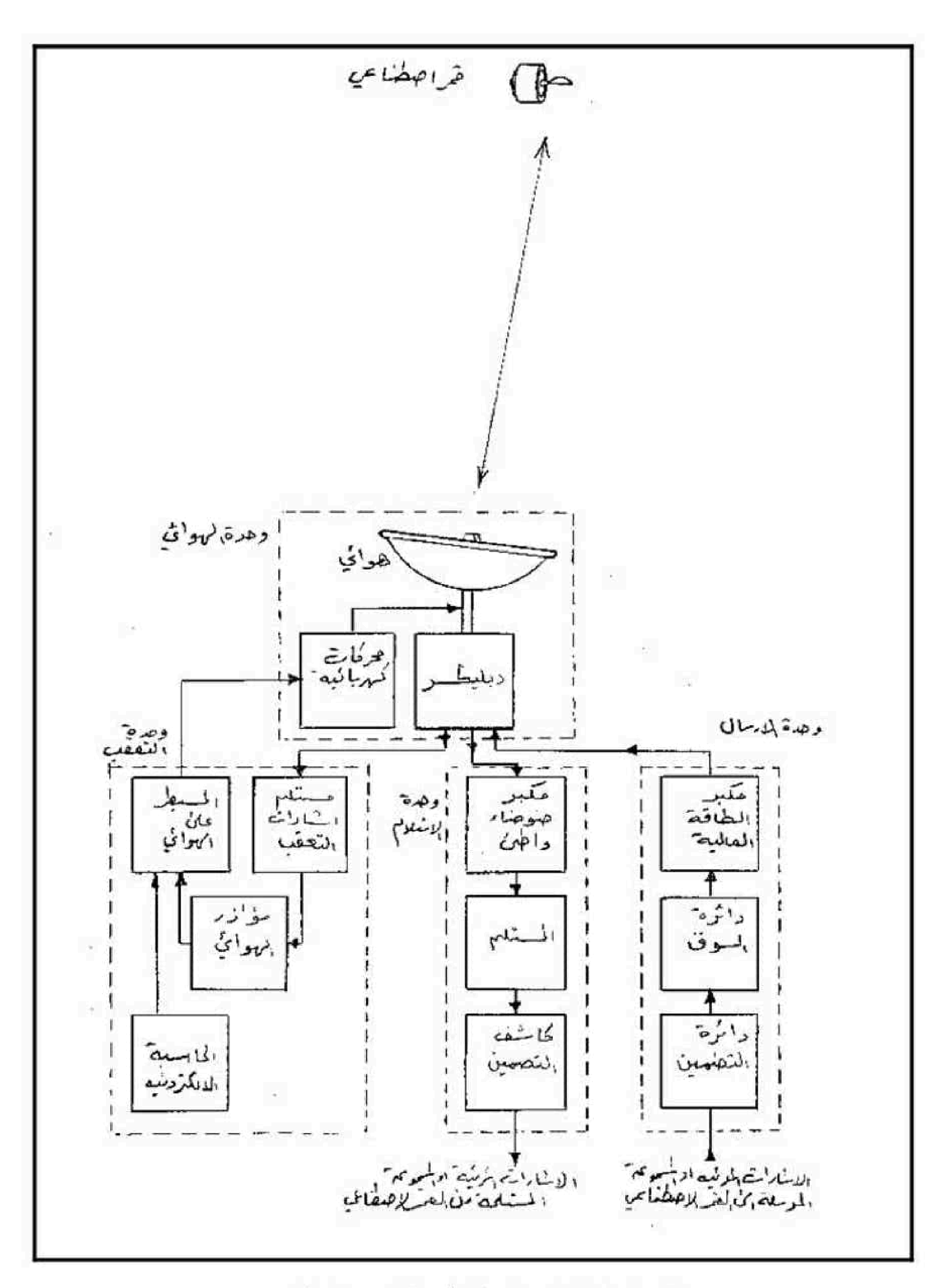


**شكل (3-7) محطة أرضية بحرية تابعة لمنظومة إنمارسات**

## 2-7 مكونات المحطة الأرضية للأقمار الاصطناعية

تمتاز المحطات الأرضية للأقمار الاصطناعية بأنها ذات كسب عالٍ في اتجاه الإشارات المطلوب استلامها، وذات كسب واطئ في اتجاه الإشارات غير المرغوب فيها، وأن تأثير الضوضاء الناتج من درجات الحرارة قليل، إضافة إلى الكفاءة العالية التي يتميز بها هوائي المحطة الأرضية للمحافظة على بقاء القمر الاصطناعي في خط النظر بشكل دقيق.

يوضح الشكل (4-7) مخططاً كتلياً لمكونات المحطة الأرضية للأقمار الاصطناعية ويلاحظ أن هذه المحطة مكونة من أربع وحدات رئيسة وهي وحدات الهوائي ووحدتا الإرسال والاستلام ووحدة التعقب وكما يلي:




شكل (7-4) مكونات المحطة الأرضية للقمر الاصطناعي

1- وحدة الهوائي:

تتضمن وحدة الهوائي كل من المحركات الكهربائية التي تغير توجيه الهوائي وحسب إشارات الخطأ القادمة من القمر الاصطناعي والتي تخص التغير الحاصل في موقع دميلان القمر الاصطناعي في المدار، وجهاز خروج الدخل المعروف بالدبليكر الذي يساعد على استخدام نفس الهوائي للإرسال والاستلام معاً لكونه يعزل إشارات الإرسال عن إشارات الاستلام، علاوة على الهوائي نفسه الذي يتكون من العاكس والمغذي.

يكون العاكس عادة على شكل قطع مكافئ يتراوح قطره بين المتر الواحد والثلاثين متراً وحسب حجم نوع وطبيعة المحطة الأرضية، بينما يكون المغذي عادة على شكل دليل موجب (Waveguide) (شكل 7-4).

2- وحدة الإرسال

تقوم وحدة الإرسال بتحميل المعلومات التي تكون على شكل إشارات مسموعة أو مرئية، وغيرها على موجات ذات ترددات أعلى تعرف بالموجات الحاملة والتي تقع ضمن الأنطقة الترددية للموجات الدقيقة، وتعرف هذه العملية بالتضمين إذ يوجد ثلاثة أنواع من التضمين، السعوي (AM) والترددي (FM) والنبضي المشفر (PCM) تدخل هذه الإشارات المضمنة عن طريق الدائرة الإلكترونية لوحدة السوق إلى مكبر الطاقة العالية والذي يكون على نوعين، إما صمام تكبير الموجة المتنقلة (TWTA) او مكبر الطاقة ذات الحالة الصلبة (SSPA) وبعدها تنتقل هذه الإشارات المكبرة من وحدة الإرسال إلى وحدة الهوائي لإرسالها إلى القمر الاصطناعي شكل (7-4).

3- وحدة الاستلام

تستلم الإشارات القادمة من القمر الاصطناعي عن طريق وحدة الهوائي التي تغذي هذه الإشارات إلى وحدة الاستلام، إذ تدخل إلى مكبر الإشارات ذات الضوضاء الواطئ ومنه تُساق الإشارات عن طريق الدائرة الإلكترونية

للاستلام إلى دائرة إزالة التحميل التي تزيل عنها الموجات الحاملة لغرض الحصول على الإشـارات المسموعة والمرئية المستلمة من القمر الاصطناعي (شكل 7-4).

**4- وحدة التعقب**

تقوم وحدة التعقب باستلام إشارات الخطأ التي تحصل في القمر الاصطناعي كحدوث تغيير في الموقع أو في زاوية الميلان، ويتم ذلك بواسطة مستلم إشارات التعقب الذي يغذي هذه الإشـارات إلى دائر مؤازر الهوائي، ومنه إلى دائرة المسيطر على الهوائي وفي الوقت نفسه يكون المسـيطر متصـلاً بالحاسبة الإلكترونية التي تصدر الأوامر وإشارات التصـحيح إلى المسـيطر الـذي يـتحكم بالمحركـات الكهربائية وحركة الهوائي لغرض تصحيح اتجاهه ليتلاءم مع اتجاه هوائي القمر الاصطناعي.

وعند إجراء التصحيح المطلوب تكون قيمة إشارات الخطـأ القادمـة مـن القمـر الاصـطناعي صفراً، وبذلك لا تعطى الحاسبة الإلكترونية أية إيعازات تصحيح الخطأ (شكل 7-4).

**3-7 المحطات القياسية لمنظومة الأنتل سات**

هناك حوالي سبعة أنواع من المحطات القياسية الأرضـية التابعـة لمنظومـة الأنتـل سـات، إذ يوضح الجدول (7-أ) بعض المواصفات الفنية للمحطات الأرضية القياسية لهـذه المنظومـة، علـماً أن منظومة بوتيل سات تستخدم نفس المحطات الأرضـية القياسـية مـن صـنف (C) التابعـة لمنظومـة الأنتل سات.

المواصفات الفنية للمحطات الأرضية القياسية لمنظومة الأنتل سات

| ت | صنف المحطة الأرضية القياسية | الترددات المستخدمة (GHZ) | قطر عاكس الهوائي (متر) | نسبة كسب الهوائي إلى الضوضاء الحراري (G/T) (dBk-1) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | صنف A | 6/4 | 30 | 40.7 |
| 2 | صنف B | 6/4 | 11 ⟶ 12 | 31.7 |
| 3 | صنف C | 14/11 | 19 | 39 |
| 4 | صنف D | 6/4 | 5 ⟶ 11 | 22.7 |
| 5 | صنف E | 14/11 | 3.5 | 22.7 |
| | | | 5.5 | 57 ⟶ 86 |
| | | | 8 ⟶ 10 | 55 ⟶ 83 |
| | | | | 49 ⟶ 77 |
| 6 | صنف F | 6/4 | 4.5 ⟶ 5 | 22.7 |
| | | | 7.5 ⟶ 8 | 27 |
| | | | 9 ⟶ 10 | 29 |
| 7 | صنف Z | 6/4 | 11 ⟶ 13 | 31.7 ⟶ 33 |
| | | 4/11 | 6 ⟶ 8 | 24.5 ⟶ 26.9 |
| | | | 4.5 ⟶ 5 | 22 |

جدول (7- أ)

# المراجع

## المصادر الأجنبية:


1- Maral, G and Bousquet, M (1986). satellite communications systems, John wiley and sons.

2- Pratt, T and Bostian, C, W (1986). Satellite communications, John wiley and sons.

3- Mortin, J. (1978). Communication satellite system, Prentice – Hall, Inc.

4- Gagliardi, R. M (1988). Introdaction to communications Engineering, John wiley and sons.

5- Brewster, R. L (1987) Telecommunications Technology, John wiely and sons.

6- Middle East Electronics, December (1982). pp (20-24).

7- Middle East Electronics, July/August (1983).pp (22-23).

8- Middle East Electronics, September (1984). pp (13-16).

9- Middle East Electronics, June/ July (1985). pp (20-22).

10- Hewlett-packard update, April/May (1990).